

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

**SEDE LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**PROYECTO DE GRADO**

**“ELABORACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA LA  
CALIBRACIÓN DE INYECTORES CUMMINS TIPO PT.”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
AUTOMOTRIZ**

**EDWIN FERNANDO CHICAIZA SÁNCHEZ  
HÉCTOR ORLANDO TUTASIG BALAREZO**

**Latacunga, Julio 2008**

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

## **CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ**

### **DECLARACION DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, Chicaiza Sánchez Edwin Fernando

Tutásig Balarezo Héctor Orlando.

#### **DECLARAMOS QUE:**

El proyecto de grado denominado "ELABORACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA LA CALIBRACIÓN DE INYECTORES CUMMINS TIPO PT" ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva , respetando derechos intelectuales de terceros , conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, 18 de Julio del 2008.

-----  
Chicaiza Sánchez Edwin F.

Cl.- 050291829-5

-----  
Tutásig Balarezo Héctor O.

Cl.-050284951-6

# ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

## CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ

### AUTORIZACIÓN

Nosotros, Chicaiza Sánchez Edwin Fernando

Tutásig Balarezo Héctor Orlando.

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la institución del trabajo “ELABORACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA LA CALIBRACIÓN DE INYECTORES CUMMINS TIPO PT” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, 18 de Julio del 2008.

-----  
Chicaiza Sánchez Edwin F.  
CI.- 050291829-5

-----  
Tutásig Balarezo Héctor O.  
CI.- 050284951-6

# ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

## CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ

### CERTIFICADO

ING. LUIS MENA N. (DIRECTOR)

ING. JULIO ACOSTA (CODIRECTOR)

### **CERTIFICAN:**

Que el trabajo titulado “ELABORACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA LA CALIBRACIÓN DE INYECTORES CUMMINS TIPO PT” realizado por los señores: EDWIN FERNANDO CHICAIZA SÁNCHEZ y HÉCTOR ORLANDO TUTASIG BALAREZO ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autorizan a los señores: EDWIN FERNANDO CHICAIZA SÁNCHEZ y HÉCTOR ORLANDO TUTASIG BALAREZO que lo entreguen al ING. JUAN CASTRO CLAVIJO, en su calidad de Coordinador de Carrera.

Latacunga, 18 de Julio del 2008

---

Ing. Luis Mena  
DIRECTOR

---

Ing. Julio Acosta  
CODIRECTOR

## DEDICATORIA

*Este proyecto lo dedico a mis padres ya que gracias a su ayuda y esfuerzo he podido culminar esta meta, mediante el mismo retribuyo su esfuerzo y sacrificio.*

*HÉCTOR.*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios por haberme dado personas que me quieren y estiman a mis padres Guillermo y Rosa quienes fueron mi apoyo incondicional, quienes supieron enseñarme responsabilidad, honestidad, y valores, a mis hermanos, y a todas aquellas personas que me apoyaron de una u otra manera.*

*A todos ellos gracias.*

*HÉCTOR.*

## DEDICATORIA

*Dedico el presente trabajo a mis padres, que de manera incondicional supieron apoyarme en todo el trayecto de mi vida estudiantil, gracias a su amor y esfuerzo he podido llegar a cumplir este sueño.*

*Para ellos este homenaje, y por ellos seguiré adelante tomando cada momento sus grandes ejemplos y pidiendo a Dios tenerlos por siempre.*

*Edwin Fernando.*

## AGRADECIMIENTO

*Gracias mi Dios por permitirme disfrutar de tus bendiciones, y por enseñarme con tus reprensiones, gracias por estar junto a mí a cada momento, por guiarme y darme sabiduría.*

*Gracias a mis padres, Eugenio y Blanca por apoyarme siempre; a mis hermanos Freddy, Alexandra y Estefanía por darme ejemplos y quererme tanto.*

*Gracias a todos mis amigos y compañeros por su ayuda y estima, en especial a Jorge Alejandro por ser como un hermano más y por estar conmigo en los momentos difíciles, a todos gracias.*

*Edwín Fernando.*



## **RESUMEN**

El presente proyecto está elaborado con el objetivo de ayudar a los estudiantes a conocer sobre la calibración de los inyectores CUMMINS PT.

Necesariamente se lo realizó tomando en cuenta los parámetros de funcionamiento del inyector en su ciclo de trabajo en el momento de la inyección de combustible.

En el capítulo I, se estudia de manera clara todo lo referente al sistema de inyección CUMMINS PT, sus componentes uno a uno son identificados así como su funcionamiento, su estructura, su mantenimiento, etc. De esta manera comenzamos por conocer el sistema a estudiar, con lo cual se facilita el entendimiento del trabajo a realizar.

En el capítulo II nos enfocamos particularmente al estudio de la Bomba de inyección CUMMINS PT, de esta manera se logra conocer como se genera la presión y entrega de combustible a los inyectores en el momento preciso y en la cantidad necesaria para generar una buena combustión en la cámara y lograr mejorar la potencia del motor.

El capítulo III muestra un enfoque muy profundo en lo referente a los inyectores CUMMINS PT, los tipos existentes, su constitución, su funcionamiento, su identificación, cuales son los más utilizados y los que necesariamente son calibrados en el tipo de banco que es tema del proyecto.

En el capítulo IV se basa en la elaboración del módulo electrónico para el almacenamiento de información básica sobre el ajuste del inyector, parámetros de funcionamiento y medidas de calibración.

De esta manera se desea suplantar el típico manual del mecánico por un sistema de información rápida y exacta de acuerdo al tipo de inyector a calibrar.

En el capítulo V nos dedicamos a la selección de los elementos que serán parte del banco de calibración CUMMINS, así como, sus parámetros de funcionamiento y desempeño en el trabajo a ejecutar.

La construcción del banco es un punto de especial interés, pues de su buena estructura depende la eficiencia en el funcionamiento de los demás subsistemas que conforman el Banco de calibración CUMMINS.

En el capítulo VI se presenta algunas prácticas realizadas en el banco de calibración, para lo cual se necesita de un buen conocimiento acerca del funcionamiento y operación de la maquina.

También se muestra algunas medidas de calibración para inyectores CUMMINS PT existentes en el mercado nacional.

## **PRESENTACIÓN**

Presentamos el proyecto denominado “BANCO DE PRUEBAS PARA LA CALIBRACIÓN DE INYECTORES CUMMINS TIPO PT.”, con el cual se espera disipar muchas dudas y ahondar en el conocimiento acerca de motores diesel y particularmente los CUMMINS.

Esperamos que el trabajo realizado ayude al mejoramiento del desarrollo intelectual de nuestros compañeros, y de todo aquel que haga uso de este proyecto.

El mantenimiento de motores diesel en el Ecuador representa un 40% del mercado total, por tal motivo el parque automotor de vehículos de carga y de transportación pesada genera un ingreso al fisco de varios miles de dólares anuales.

Además de que es importante mantener una relación amigable con el medio ambiente se hace muy necesario la correcta reparación, calibración y mantenimiento de este tipo de automotores, ya que de lo contrario se estaría afectando a la calidad del aire con los gases expulsados.

De esta manera nos hemos enfocado en la calibración de inyectores CUMMINS con lo cual se logra controlar diferentes parámetros dentro del funcionamiento del motor, estos parámetros son, temperatura, potencia, eficiencia, emisión de gases contaminantes; al lograr controlar o variar estos parámetros se obtiene un mejor control en el desempeño del motor de combustión interna.

Al ser uno de los elementos más importantes e imprescindibles dentro del sistema de inyección diesel, el correcto mantenimiento de los inyectores constituye un trabajo obligatorio y sin excepciones al momento de que se haya cumplido con el kilometraje o las especificaciones impuestas por los fabricantes.

El banco de calibración de inyectores CUMMINS se desarrolló de forma sistemática, y de acuerdo a los parámetros necesarios para cumplir con las medidas recomendadas por los manuales de inyectores, se muestra una secuencia sencilla y

muy lógica para su elaboración, montaje de componentes y su respectiva operación, así como también su mantenimiento básico.

Aclaremos que el presente proyecto tuvo su base en modelos reales y de uso en empresas grandes, pero que representa una inversión significativa para su adquisición; de tal manera su construcción se realiza con materiales y elementos de uso común en sistemas mecánicos y neumáticos de bajo costo y fácil adquisición.

La adaptación de dichos elementos es de único y exclusivo diseño de sus autores por lo que no se tienen proyectos semejantes ni existen documentos de los cuales se haya tomado información acerca de su construcción ni diseño, básicamente se recogió datos acerca de medidas de calibración de inyectores, funcionamiento del banco, y parámetros de operación.

## INDICE

I. CAPÍTULO .....	- 1 -
SISTEMA DE COMBUSTIBLE .....	- 1 -
DIESEL CUMMINS PT .....	- 1 -
1.1.-INTRODUCCIÓN.....	- 1 -
1.2.SISTEMA PT BÁSICO. ....	- 3 -
1.2.1.-REQUISITOS BÁSICOS DEL SISTEMA.....	- 5 -
1.3.-COMPONENTES DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE.....	- 6 -
1.4.-TANQUE DE COMBUSTIBLE.....	- 7 -
1.5.-FILTROS DE COMBUSTIBLE.....	- 7 -
1.5.1.-CLASIFICACIÓN NOMINAL DE FILTROS. ....	- 9 -
1.5.2.-FILTRO DE COMBUSTIBLE CON SEPARADORES DE AGUA.....	- 10 -
1.5.3.-INTERVALOS DE CAMBIO DE FILTRO. ....	- 12 -
1.6.-BOMBA DE ENGRANES. ....	- 13 -
1.7.-AMORTIGUADOR DE PULSACIONES. ....	- 14 -
1.8.-ACELERADOR.....	- 15 -
1.9.-VÁLVULA DE CONTROL AIRE-COMBUSTIBLE (AFC).....	- 16 -
1.10.-GOBERNADOR.....	- 19 -
1.10.1.-REGULACIÓN EN MARCHA MÍNIMA. ....	- 21 -
1.10.2.-REGULACIÓN A VELOCIDAD MÁXIMA. ....	- 22 -
1.10.3.-REGULACIÓN A VELOCIDADES NORMALES.....	- 22 -
1.10.4.-REGULACIÓN CON SOBREVOLUCIDAD.....	- 22 -
1.10.5.-REGULACIÓN DE LA PRESIÓN. ....	- 23 -

1.10.6.-RESORTES DEL GOBERNADOR.....	- 24 -
1.11.-IMPULSOR DEL TACÓMETRO ESPECIAL.....	- 25 -
1.12.-ACOPLAMIENTO IMPULSOR.....	- 25 -
1.13.-VÁLVULA DE PARO.....	- 25 -
1.14.-LOS INYECTORES PT.....	- 26 -
1.15.-SISTEMA COMPLETO.....	- 27 -
II. CAPÍTULO .....	- 28 -
BOMBA PT CUMMINS .....	- 28 -
2.1.-GENERALIDADES.....	- 29 -
2.2.-IDENTIFICACIÓN DE LA BOMBA PT.....	- 30 -
2.3.-INTERPRETACIÓN DE LA PLACA DE LA BOMBA PT.....	- 31 -
2.4.-COMPONENTES DE LA BOMBA PT.....	- 32 -
2.5.-PIEZAS INTERNAS DE LA BOMBA PT.....	- 33 -
2.6.-OPERACIÓN DE LA BOMBA Y FLUJO DEL COMBUSTIBLE.....	- 34 -
2.6.1 .-FLUJO DE COMBUSTIBLE.....	- 34 -
2.7.-DESENSAMBLE E INSPECCIÓN DE LA BOMBA DE COMBUSTIBLE PT....	- 39 -
2.7.1.-PROCEDIMIENTO PARA EL DESENSAMBLE.....	- 39 -
2.8.-PROCEDIMIENTO PARA LA INSPECCIÓN DE LAS PARTES.....	- 41 -
2.9.-ENSAMBLE Y CALIBRACIÓN DE LA BOMBA.....	- 44 -
2.9.1.-PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAMBLE DE LA BOMBA.....	- 44 -
2.10.-PROCEDIMIENTO PARA LA CALIBRACIÓN DE LA BOMBA.....	- 46 -
III.CAPÍTULO .....	- 49 -
LOS INYECTORES.....	- 49 -
3.1.-GENERALIDADES.....	- 49 -
3.2.-IDENTIFICACIÓN DEL INYECTOR PT.....	- 50 -
3.2.1.- NUMERACIÓN.....	- 51 -
3.2.2.- TIPOS DE MARCAS DE COPA.....	- 53 -

3.3.-PARTES COMPONENTES DEL INYECTOR PT. ....	53 -
3.3.1.- INYECTOR DE TOPE SUPERIOR (TOP STOP). ....	54 -
3.4.-OPERACIÓN DEL INYECTOR PTD, PTD (TOPE SUPERIOR), Y FLUJO DE COMBUSTIBLE.....	56 -
3.4.1.- COMIENZO DE LA CARRERA ASCENDENTE. ....	57 -
3.4.2.- TERMINA LA CARRERA ASCENDENTE. ....	57 -
3.4.3.- CARRERA DESCENDENTE. ....	58 -
3.4.4.- TERMINA LA CARRERA DESCENDENTE. ....	59 -
3.5.-DESENSAMBLE E INSPECCIÓN DEL INYECTOR PTD, PTD TOPE SUPERIOR.....	59 -
3.5.1.- DESMONTAJE.....	60 -
3.5.2.- INSPECCIÓN. ....	62 -
3.5.3.- ENSAMBLAJE.....	63 -
3.6.-LIMPIEZA DE LOS INYECTORES PT DE PESTAÑA, PTB, PTC, PTD Y TOPE SUPERIOR.....	66 -
3.6.1.- PROCEDIMIENTOS PARA LA LIMPIEZA. ....	66 -
3.6.2.- LIMPIEZA DEL LAS PARTES DESMONTADAS.....	67 -
3.7.-INSPECCIÓN DE PARTES DEL INYECTOR PT DE PESTAÑA.....	67 -
3.8.-INSPECCIÓN DE PARTES DEL INYECTOR PTD Y TOPE SUPERIOR. ....	68 -
3.9.-PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAMBLE Y LA CALIBRACIÓN DEL INYECTOR PT. ....	70 -
3.9.1.- ENSAMBLE DE LOS INYECTORES PTD Y PTD TOPE SUPERIOR. ....	70 -
3.10.-PROCEDIMIENTO PARA LA PRUEBA Y CALIBRACIÓN DEL INYECTOR.-	71 -
3.11.-PROCEDIMIENTO PARA LA INSTALACIÓN Y AJUSTE DEL INYECTOR.-	72 -
3.11.1.-AJUSTE DEL INYECTOR PT. ....	73 -
3.11.2.-AJUSTE DE LA CARRERA DEL ÉMBOLO.....	77 -
3.12.-AJUSTE DE LA SINCRONIZACIÓN DEL INYECTOR CUMMINS EN EL MOTOR....	84 -

3.12.1.-INDICADOR DE CARÁTULA DE LA POSICIÓN DEL PISTÓN (TDC), PUNTO MUERTO.....	- 84 -
3.13.-SINCRONIZACIÓN MECÁNICA VARIABLE.....	- 85 -
3.14.-CICLO DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE.....	- 86 -
3.15.-LOCALIZACIÓN DE AVERÍAS EN EL INYECTOR CUMMINS PT.....	- 89 -
3.15.1.-EN EL BANCO DE PRUEBA.....	- 89 -
3.15.2.-EN EL MOTOR.....	- 90 -
3.16.-SERVICIO A LOS INYECTORES.....	- 91 -
IV.CAPÍTULO.....	- 92 -
SISTEMA ELECTRÓNICO.....	- 92 -
4.1.-El PIC 16F877.....	- 92 -
4.1.1.- MICROCONTROLADOR.....	- 92 -
4.1.2.- CARACTERÍSTICAS DEL PIC 16F877.....	- 95 -
4.1.3.- ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA.....	- 96 -
4.1.4.- ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA DE PROGRAMA.....	- 97 -
4.1.5.- ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA DEL PIC.....	- 97 -
4.1.6.- LA MEMORIA DE PROGRAMA.....	- 97 -
4.1.7.- El CPU.....	- 97 -
4.1.8.- LA MEMORIA.....	- 98 -
4.1.9.- EL OSCILADOR.....	- 98 -
4.1.10.-DIAGRAMA DE PINES.....	- 98 -
4.1.11.-DESCRIPCIÓN DE LOS PUERTOS.....	- 99 -
4.1.12.-DISPOSITIVOS PERIFÉRICOS.....	- 100 -
4.2.-PANTALLA LCD 20*4.....	- 103 -
4.2.1.- INTRODUCCIÓN.....	- 104 -
4.2.2.- PANTALLA LCD 20*4.....	- 105 -
4.2.3.- CARACTERÍSTICAS.....	- 105 -



4.3.-PROGRAMA DE INGRESO DE DATOS DEL INYECTOR.....	- 106 -
4.3.1.-DESARROLLO.....	- 106 -
4.4.-DIAGRAMA DE FLUJO. ....	- 110 -
V. CAPÍTULO .....	- 111 -
ELABORACIÓN DEL BANCO DE CALIBRACIÓN DE INYECTORES	
CUMMINS PT .....	- 111 -
5.1.-GENERALIDADES. ....	- 111 -
5.2.-SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL BANCO DE PRUEBAS.....	- 112 -
5.2.1.-CIRCUITO NEUMÁTICO. ....	- 112 -
5.3.-PISTONES NEUMÁTICOS.....	- 112 -
5.3.1.-CILINDRO DE MEMBRANA. ....	- 113 -
5.3.2.-CILINDRO DE ÉMBOLO.....	- 114 -
5.4.-VÁLVULAS DE PRESIÓN. ....	- 122 -
5.4.1.-VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS. ....	- 122 -
5.4.2.-ACCIONAMIENTO DE VÁLVULAS. ....	- 123 -
5.4.3.-CAUDAL DE VÁLVULAS. ....	- 123 -
5.4.4.-VÁLVULA DE ESCAPE RÁPIDO.....	- 124 -
5.5.-SUMINISTRO DE AIRE, PRESIÓN DE OPERACIÓN.....	- 126 -
5.5.1.-ACUMULADOR DE AIRE COMPRIMIDO.....	- 126 -
5.5.2.-CAUDAL DEL COMPRESOR. ....	- 127 -
5.5.3.-PRESIÓN. ....	- 127 -
5.6.-MEDIDOR DE PRESIÓN.....	- 128 -
5.6.1.-MANÓMETROS.....	- 129 -
5.6.2.-REGULADOR DE PRESIÓN. ....	- 131 -
5.7.-RELOJ PALPADOR DIGITAL. ....	- 132 -
5.7.1.-CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS. ....	- 133 -
5.7.2.-DIMENSIONES.....	- 134 -

5.7.3.- DIMENSIONES Y COMPONENTES. ....	- 135 -
5.7.4.- REEMPLAZO DE LA BATERÍA. ....	- 136 -
5.7.5.- REEMPLAZO DE LA PUNTA DE CONTACTO. ....	- 136 -
5.7.6.- CONFIGURACIÓN DE DIRECCIÓN DE CUENTA. ....	- 137 -
5.7.7.- ESTABLECIMIENTO DEL ORIGEN. ....	- 137 -
5.7.8.- RECOMENDACIONES DE USO DEL RELOJ PALPADOR. ....	- 139 -
5.8.- CAÑERIAS Y NEPLOS DE CONEXIÓN. ....	- 140 -
5.8.1.- MANGUERAS INDUSTRIALES. ....	- 140 -
5.8.2.- MANGUERAS AUTOMOTRICES. ....	- 142 -
5.9.- ELABORACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO. ....	- 143 -
5.10.- ADAPTACIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO EN EL BANCO. ....	- 152 -
5.11.- HERRAMIENTAS NECESARIAS PARA LA CALIBRACIÓN DE INYECTORES PT. ....	- 155 -
5.11.1.- LLAVE DE AJUSTE DE LA TUERCA DE TOPE SUPERIOR DEL INYECTOR. ....	- 156 -
5.11.2.- LLAVE DE AJUSTE DE LA CONTRATUERCA DEL INYECTOR. ....	- 156 -
5.11.3.- VARILLAS DE ACOPLÉ PARA EL PLUNGER. ....	- 157 -
5.11.4.- LLAVES PARA EL AJUSTE DEL INDICADOR DE ALTURA. ....	- 158 -
5.11.5.- LLAVE PARA LA SUJECCIÓN DEL INYECTOR. ....	- 159 -
5.12.- CONJUNTO DE ACCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS. ....	- 160 -
5.13.- CUADRO DE MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS. ....	- 161 -
VI. CAPITULO. ....	- 163 -
PRACTICAS EN EL BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES CUMMINS PT. ....	- 163 -
6.1.- PRACTICA 1. FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS. ....	- 163 -
6.2.- PRACTICA 2. RECONOCIMIENTO Y DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL INYECTOR CUMMINS PT. ....	- 166 -

6.3.-PRACTICA 3. PRUEBAS Y CALIBRACIÓN DEL INYECTOR.....	- 170 -
6.4.-PRACTICA 4. VERIFICACIÓN Y COMPROBACIÓN DEL INYECTOR. ....	- 172 -
6.5.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....	- 174 -
6.6.-PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.....	- 174 -
6.7.-RECOMENDACIONES SOBRA LA CORRECTA UTILIZACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS Y MEDIDAS RECOMENDADAS EN CADA TIPO DE INYECTOR.....	- 175 -
6.7.1.-MEDIDAS RECOMENDADAS EN CADA TIPO DE INYECTOR. ....	- 176 -
Referencias Bibliográficas.....	-175-
ANEXOS.....	-176-
Anexo A. ELABORACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO DE CALIBRACIÓN.....	-176-
Anexo B. DESARROLLO DEL PROGRAMA PARA EL INGRESO DE DATOS DEL INYECTOR.....	-179-
Anexo C. CONEXIONES EN ISIS DE LOS ELEMENTOS ELECTRÓNICOS.....	-191-
Anexo D. SIMULACIÓN DEL PROGRAMA EN PROTEUS.....	-192-
Anexo E. DISEÑO DE LA PLACA ELECTRÓNICA EN ARES.....	-193-
Anexo F. CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO ELECTRÓNICO.....	-194-
Anexo G. TABLAS DE CALIBRACIÓN DE INYECTORES TOP STOP E HIDRÁULICOS STC.....	-195-





# **I. CAPÍTULO**

## **SISTEMA DE COMBUSTIBLE**

### **DIESEL CUMMINS PT**

#### **1.1.- INTRODUCCIÓN.**

Cummins Engine Co. Inc., fue fundado en 1919 por un chofer que trabajó en los motores en el garaje de su patrón, es el fabricante independiente más grande del mundo de motores diesel.

Cummins toma el nombre de su inventor, Clessie Cummins que era uno de los protagonistas más importantes y el fundador de la compañía. Él se apoyó financieramente en el inversionista William Irwin, empezando en 1918, cuando él mejoró en los diseños del motor diesel existente.

CUMMINS está dedicado en el diseño, fabricación, y venta de motores diesel, componentes, y subsistemas. Mientras Cummins no produce sus propios camiones, sus motores se ofrecen como las opciones por cada fabricante de camiones americanos, incluso los fabricantes de sus propios motores diesel que compiten con Cummins.

Cummins tiene una fabricación extensa, con una red de distribución con 550 Compañías, y como distribuidor independiente con más de 5,000 distribuidores que mantienen ventas, servicio y apoyo de sus productos a nivel mundial. Los productos incluyen aceite, refrigerante, y los filtros aéreos.

El sistema de combustible Cummins PT estaba compuesto, en su primer modelo, por el inyector PT tipo pestaña y la bomba tipo PTR (reguladora del

tiempo-presión). El sistema de combustible PT utiliza un principio basado en la presión y en el tiempo. La presión suministrada al inyector procede de una bomba de engranes de baja presión. El tiempo utilizado para medir el combustible es controlado por el émbolo inyector, que abre y cierra el orificio de medición. Este tiempo es regulado por la velocidad del motor, ya que el émbolo inyector es impulsado por el árbol de levas. Variando los dos elementos, la presión y el tiempo, se controlan la velocidad y la potencia del motor. Puede verse que si la presión aumenta y el tiempo se mantiene constante (rpm), se inyectará más combustible a los cilindros. De la misma manera, cuando aumenta el tiempo de carga del motor y la presión se mantiene constante, se entrega más combustible y el motor experimenta un aumento en el par de torsión.

A lo largo de los años han cambiado los inyectores y las bombas, a la vez que han cambiado los requerimientos en cuanto a la potencia de los motores y los relativos a las emisiones de los escapes. Con base en el tipo inicial de inyector de pestaña se han creado otros tipos diferentes. El inyector cilíndrico PT, presentado por primera vez con los motores con línea interior de combustible, era un inyector cilíndrico que utilizaba el mismo principio básico que el de tipo de pestaña PT. Siguiendo al cilíndrico, aparecieron los inyectores PTB y PTC. El PTC supuso un avance en relación con el PTB, ya que usaba una copa o punta de inyección en dos partes que disminuyó el costo de la copa. Las copas usadas originalmente en los PT y PTB eran más grandes y de una pieza, requiriendo el reemplazo de toda la copa cuando los orificios estaban gastados o tapados. Para reducir aun más los costos del cambio, se introdujo un inyector, el PTD, el cual contaba con el conjunto de barril y émbolo intercambiables. Sin la necesidad de cambiar todo el cuerpo del inyector, podía sustituirse el émbolo y el barril, evitando lo que sucedía antes con los modelos anteriores. Además, el inyector PTD emplea una tuerca de ajuste que controla el viaje ascendente. Dicho inyector se llama inyector PTD con tope superior. El modelo original de bomba PTR ha sido sustituido por el modelo PTG, que difiere del PTR en varios aspectos. La diferencia más importante es el método de regulación de la presión en el múltiple de combustible. En la bomba PTR, la presión máxima del combustible en el múltiple era controlada por medio de un

regulador de presión separado. En el PTG se ha eliminado el regulador y la presión máxima del combustible en el múltiple es controlada por; el gobernador, de donde procede la designación PTG. El PTG fue, durante muchos años, el estándar de las bombas Cummins. El reciente interés acerca de las emisiones, propició el desarrollo y uso de la bomba actual, la PTG AFC (Air Fluje Control, Control de flujo de aire). En esta bomba se cuenta con un dispositivo semejante a un aneroide. El aneroide es una válvula de derivación de flujo y no flujo, operada por la presión del aire en el múltiple de entrada. El dispositivo AFC difiere en la proporción de control de flujo y presión para atender las demandas del motor durante los periodos de baja presión en el múltiple de admisión.

## **1.2.- SISTEMA PT BÁSICO.**

El sistema de inyección Cummins PT utiliza inyectores sencillos que se accionan mecánicamente. Cada inyector tiene un orificio de dosificación el cual lleva el combustible a la cámara de presión, el embolo del inyector se acciona desde el árbol de levas a través de una varilla de empuje y un balancín.

La bomba de engranes absorbe el combustible del tanque y lo entrega a los inyectores. El combustible de la bomba, que está a baja presión, no acciona los inyectores, pues éstos son de accionamiento mecánico en el momento preciso por medio de las levas del árbol de levas y con los seguidores de levas, varillas o tubos de empuje y balancines. La acción de las levas y los otros componentes hacen que los émbolos de los inyectores se muevan hacia abajo y produzcan alta presión en el combustible que se atomiza en las cámaras de combustión.

El combustible fluye a través del orificio de dosificación hacia la cámara de presión únicamente durante la parte final de la carrera del pistón del motor.

La bomba de alimentación eleva la presión a un nivel intermedio y lo suministra a la galería en la culata donde están: la zona del acelerador, el



regulador, el sistema de paro y el mecanismo de Control de Aire Combustible (CAC, AFC), que modifica la presión para adecuarla a las necesidades de la velocidad del motor. Aproximadamente el 70% del combustible circula a través de los inyectores sin ser utilizado hacia la galería de retorno, permitiendo la refrigeración del inyector y evitando la acumulación de aire en el sistema, en la figura 1.1 se puede observar el sistema básico.

El sistema presión-tiempo (PT) de combustible es exclusivo para los motores Cummins diesel; usa inyectores que miden e inyectan el combustible, midiendo un principio del presión-tiempo. El tiempo por medir es determinado por el intervalo que el orificio de la tobera del inyector permanece abierto. Este intervalo se establece y controla por la velocidad del motor, que determina la proporción de rotación del árbol de levas y por consiguiente el movimiento del émbolo del inyector.

Desde que los motores de Cummins son todos de cuatro ciclos, el árbol de levas se maneja del engrane del cigüeñal a la mitad de velocidad del motor. La bomba de combustible se mueve a la velocidad del motor. La causa de esta relación, el gobernador adicional de flujo de combustible es necesario en la bomba de combustible.

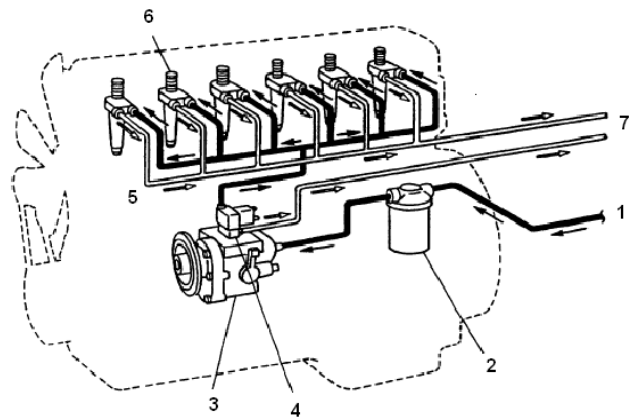
Una sola línea de combustible de baja presión de la bomba de combustible sirve todos los inyectores; por consiguiente, la presión y la cantidad de combustible medido a cada cilindro son iguales.

El proceso de medición de combustible en el sistema de combustible de Cummins tiene tres ventajas principales:

1. El inyector logra todos los parámetros de medición y las funciones de inyección.
2. El inyector inyecta un rocío de combustible finamente atomizado en la cámara de la combustión, con presiones que exceden los 20,000 psi.
3. Un sistema de riel común de baja presión se usa, con el fin de que la presión desarrollada en una bomba de tipo engranes se transmita a todos los

inyectores por igual. Esto elimina la necesidad de líneas de combustible de alta presión que corren de la bomba de combustible a cada inyector.

1. Entrada de combustible desde el tanque.
2. Filtro de combustible.
3. Bomba de alimentación PT.
4. Válvula de regulación.
5. Riel de combustible.
6. Inyectores PT.
7. Retorno de combustible.



**Figura 1.1. Sistema de combustible CUMMINS PT.**

### **1.2.1.- REQUISITOS BÁSICOS DEL SISTEMA.**

El sistema de combustible PT incluye lo siguiente:

1. Una bomba de abastecimiento que absorba el combustible del tanque y lo haga llegar a los inyectores individuales de cada cilindro a baja presión.
2. Un tubo y un conducto general común en la culata de cilindros para llevar el combustible a los inyectores.
3. Inyectores para recibir el combustible a baja presión enviado por la bomba e inyectarlo a alta presión en la cámara de combustión del cilindro al que pertenece, en el momento adecuado, en cantidad correcta y debidamente atomizado para que se inflame.
4. Un medio de controlar la presión del combustible enviado por la bomba a los inyectores, a fin de que cada cilindro reciba la cantidad precisa de combustible para dar la potencia requerida al motor.

### 1.3.- COMPONENTES DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE.

En la figura 1.2 se ilustra un diagrama del sistema de combustible para un motor del tipo en V y se señalan las partes básicas, que son:

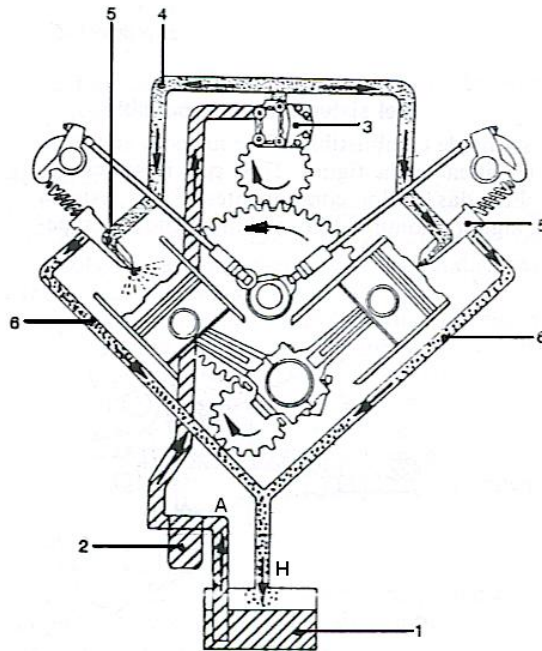


Figura 1.2. Componentes del sistema de combustible.

1. El tanque de combustible.
2. El filtro de combustible.
3. La bomba de combustible, absorbe el combustible del por el tubo A. La conexión H, es retorno del exceso de combustible de los inyectores.
4. Los tubos y conductos.
5. Los inyectores.
6. Los conductos y tubos, para retorno de combustible al tanque.

En el sistema real, algunos componentes son independientes, pero otros están dentro de la bomba de combustible PT y son parte de ella. La bomba de

combustible e inyectores PT son las partes principales del sistema y se describen con mayor detalle en los siguientes capítulos.

#### 1.4.- TANQUE DE COMBUSTIBLE.

Está provisto de una boca de llenado con un tamiz que impide la entrada de grandes impurezas junto con el combustible.

Contiene además en tubo de aspiración del combustible que esta provisto a su vez de un prefiltro y otro de retorno, de un pequeño pozo de decantación y de un tapón con un orificio de ventilación u otro dispositivo que pueda contener también un tapón de vaciado, figura 1.3.

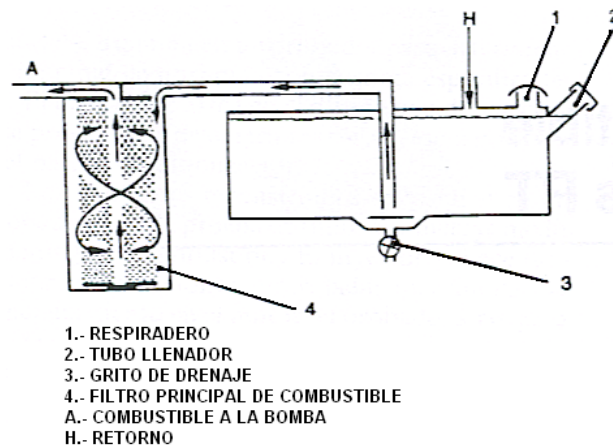


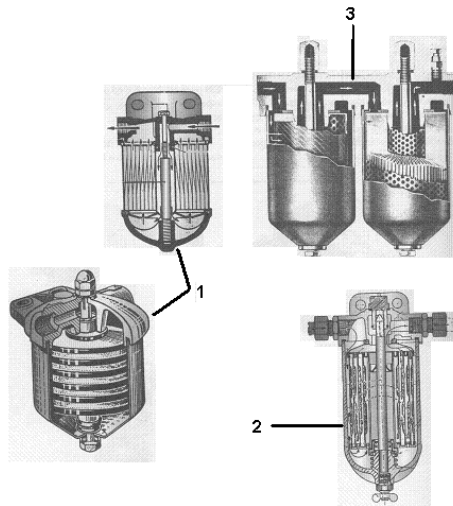
Figura 1.3. Tanque de combustible.

#### 1.5.- FILTROS DE COMBUSTIBLE.

Uno de los elementos más exigentes para el perfecto funcionamiento del motor diesel lo representa el filtrado de combustible. Si tenemos en cuenta que las tolerancias entre los elementos móviles en las bombas de inyección y los propios inyectores llegan a ser de orden del 3 milésimas de milímetro y que sus superficies lisas deben asegurar la estanqueidad, comprenderemos que las

partículas pequeñas pueden provocar depósitos, erosiones y en definitiva deterioro capaces de perjudicar sensiblemente al motor.

Un sistema apropiado de filtración en los sistemas diesel es imperativo, para evitar daños a los componentes de la bomba de inyección y los componentes del inyector que tienen un ajuste muy preciso. Estos componentes son fabricados a tolerancias tan pequeñas como 0.0025 mm (0.0000984 plg); por tanto, la filtración insuficiente del combustible puede provocar serios problemas. Seis elementos filtrantes principales se han utilizado durante muchos años, figura 1.4:



**Figura 1.4. Filtros de combustible.**

1. Papel plegado.
2. Hilo de algodón en paquete.
3. Fibras de madera.
4. Mezclas de hilo de algodón en paquete y fibras de madera.
5. Hilo enrollado de algodón o sintético.
6. Fibra de vidrio.

En los motores diesel de alta velocidad, se emplean por lo general un filtro principal y un filtro secundario. El filtro primario puede reducir las partículas de suciedad a cerca de 30 micras ( $\mu\text{m}$ ) y el secundario reducirlas de 10 a 12  $\mu\text{m}$ ,

aunque los filtros finales con una clasificación de 3 a 5  $\mu\text{m}$  son más prevalentes en la actualidad para las aplicaciones de camión diesel que operan con servicio severo. Una micra es 1/1, 000,000 de un metro, o 0.00003937 plg; por tanto, 25.4  $\mu\text{m}$  = 0.001 plg. Los filtros de combustible que emplean hilo de algodón enrollado, papel plegado o fibra de vidrio están clasificados solamente hasta de 10  $\mu\text{m}$ ; por tanto, los motores diesel de camión actuales emplean filtración adicional en forma de separadores de combustible y agua o filtro de inyector. Otros factores que se relacionan con el tipo de filtros son la caída de presión a través del filtro y el precio de la unidad de repuesto. Los elementos de fibra de vidrio, hilo de algodón y fibra de madera son por lo general los más costosos, pero ofrecen mejor protección y una vida de servicio más prolongada.

El grado de filtración se refiere notoriamente al tipo y grado del combustible que pasa por el filtro; por tanto, los filtros de combustible están disponibles con clasificaciones de filtro de 60 a 70  $\mu\text{m}$  hasta los ultrafinos de 0.5 a 3  $\mu\text{m}$ .

#### **1.5.1.- CLASIFICACIÓN NOMINAL DE FILTROS.**

- Clasificación nominal de 15 a 20  $\mu\text{m}$ , que consta del 60% de fibra de madera superfina y 40% de hilo blanco de algodón.
- Clasificación nominal de 10 a 15  $\mu\text{m}$ , que consta del 40% de fibra de madera y 60% de hilo blanco de algodón.
- Clasificación nominal de 5 a 10  $\mu\text{m}$ , que consta del 85% de hilo blanco de algodón y 15% de hilo sintético.
- Clasificación nominal de 3 a 5  $\mu\text{m}$ , que consta del 50% de hilo de algodón y 50% de algodón desmotado.
- Clasificación nominal de 0.5 a 3  $\mu\text{m}$ , que consta del 60% de papel base superfino y 40% de viruta fina de madera.

Encontramos dos tipos de elementos filtrantes: los prefiltros y los filtros, figura 1.5.



**Figura 1.5. Filtros y prefiltros.**

Los prefiltros pueden hallarse en el tubo de aspiración del combustible, y a la entrada de la bomba de alimentación.

Los filtros los encontramos entre la bomba de alimentación y la bomba de inyección.

Las características principales que pueden reunir los filtros son:

- Larga vida útil antes de ser repuestos o limpiados.
- Deben retener el agua y las partículas del orden de una micra.
- Han de ser capaces de realizar su cometido a una baja presión.
- Con el menor volumen posible, deben presentar una gran superficie de filtrado.

### **1.5.2.- FILTRO DE COMBUSTIBLE CON SEPARADORES DE AGUA.**

El agua, además de provocar oxidación de los elementos de inyección, en invierno puede congelarse y consecuentemente provocar la obstrucción de los conductos de alimentación en paradas prolongadas del motor. Y no solo eso, en cantidades suficientes, puede combinarse con el azufre contenido en el combustible y producir ácidos corrosivos posteriores a la combustión, figura 1.6.

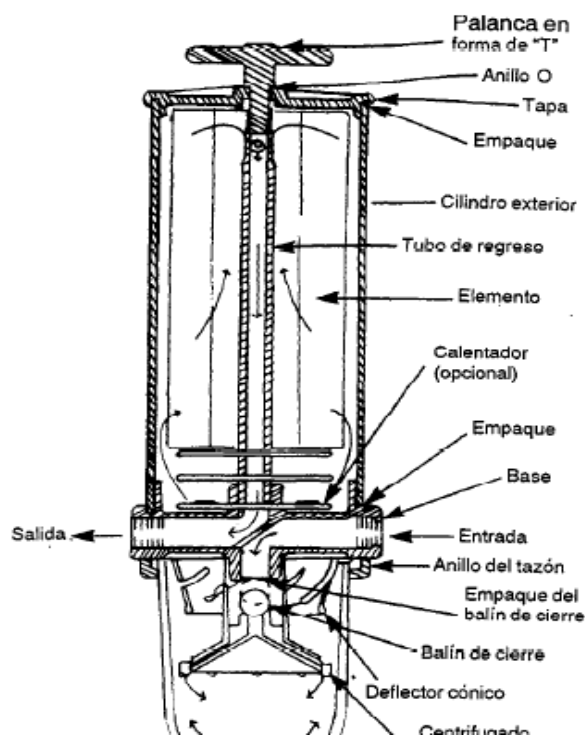
Debido a las tolerancias muy críticas de los componentes de inyección de los motores diesel actuales, no solamente es necesario asegurar que se

mantenga un abastecimiento de combustible limpio, sino también no permitir que entre agua al sistema de inyección de combustible. Por esta razón, la mayoría de las aplicaciones de motores diesel automotrices, emplean tipos de filtros de combustible con separadores de agua interconstruidos.

El concepto de operación en todos los casos es separar el agua más pesada del combustible diesel más ligero, normalmente por acción centrífuga en el combustible de entrada, dentro de la cubierta que tiene forma especial.

### **Funcionamiento:**

1. En la etapa primaria, los contaminantes líquidos y sólidos hasta de  $30\ \mu\text{m}$  se separan por la acción centrífuga creada por el centrifugado de la turbina. La suciedad y el agua, por ser más pesados que el combustible, tienden a caer al fondo del tazón claro.
2. En la etapa secundaria, cualesquier partícula pequeña o contaminación líquida (más ligera que el combustible) quedan en suspenso y fluyen con el combustible en la parte inferior del filtro y concha separadora, donde las partículas pequeñas tienden a burbujear en la pared interior de la concha y en el fondo del elemento de filtro tratado especialmente.
3. En la etapa final de filtración, el combustible fluye por el elemento de filtro cambiabile, en el que los pequeños sólidos hasta de  $2\ \mu\text{m}$  de tamaño de partícula se eliminan hasta una clasificación del 96%.





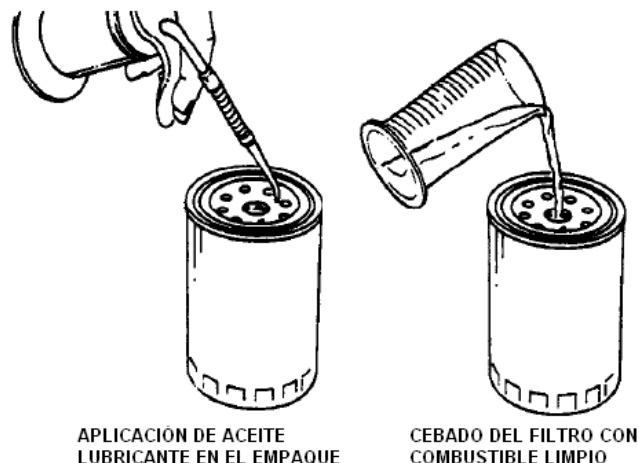
### Figura 1.6. Filtro con separador de agua.

Otro elemento que hay que retirar del combustible, es el aire y los vapores de combustible. Aunque este elemento no sea propiamente sujeto del filtrado, sí que es eliminado durante esta fase del proceso de alimentación porque como es un elemento compresible, puede perturbar e incluso paralizar la fase de inyección por la formación de bolsas de aire que al ser comprimidas y expandidas alternativamente no llegarían a salir del sistema impidiendo asimismo la salida de combustible.

### 1.5.3.- INTERVALOS DE CAMBIO DE FILTRO.

La aplicación del motor y las condiciones ambientales determinan el mejor intervalo de cambio de los filtros de combustible principal y secundario. Con frecuencia los filtros se cambian dentro de un kilometraje específico acumulado, número de horas, periodo o cantidad de combustible consumido por el motor. Por ejemplo, la especificación puede ser cambiar los filtros cada 16,000 km (10,000 millas), 250 horas o 6 meses, lo que ocurra primero.

La figura 1.7 ilustra qué hacer antes de instalar un filtro nuevo:



**Figura 1.7. Cambio del filtro de combustible.**

1. Se limpia la cabeza del filtro de cualquier suciedad.
2. Se aplica una ligera capa de aceite limpio de motor al sello del filtro.
3. Se vierte combustible diesel limpio filtrado en el elemento para cebarlo.
4. Se instala el filtro a mano y se aprieta por lo general el filtro debe girarse de media, dos tercios o una vuelta completa adicional, después de que haga contacto el empaque.
5. Con otros tipos de filtros, se usa una llave de torsión para dar el apriete correcto al perno de retén.
6. Se buscan fugas de combustible en el filtro después de arrancar el motor.

**1.6.- BOMBA DE ENGRANES.**

La bomba de engranes es de tipo externo y va montada en la parte posterior del alojamiento de la bomba de alimentación. El combustible es extraído del tanque a través de un filtro de combustible y se suministra al estrangulador, así como al gobernador que se encuentra dentro del alojamiento de la bomba. La bomba contiene un conjunto único de engranes que transfieren el combustible desde el depósito para entregarlo al sistema de inyección. El combustible fluye desde la bomba hacia un amortiguador de pulsaciones, instalado en la parte posterior de la bomba.

La bomba de engranes es impulsada por el eje de impulsión de la bomba de combustible, figura 1.8. El combustible que viene del filtro entra a la bomba de engranes por el conducto A). El combustible derivado desde el gobernador también entra a la bomba de engranes, por el conducto C).

El combustible pasa a lo largo de la bomba y los dientes de los engranes lo mueven en torno a la cubierta. Con esto se envía el combustible a baja

presión al filtro magnético 3) y, después, por el conducto B) hasta la sección del gobernador de la bomba de combustible.

Se ilustra la forma en que se impulsa la bomba mediante engranes desde el cigüeñal. Por tanto, la velocidad y el volumen de la bomba van en relación con la velocidad del motor. Dentro del cuerpo de la bomba va un botón de tamaños variantes puede instalarse para controlar la presión de entrega de combustible máxima de la bomba.

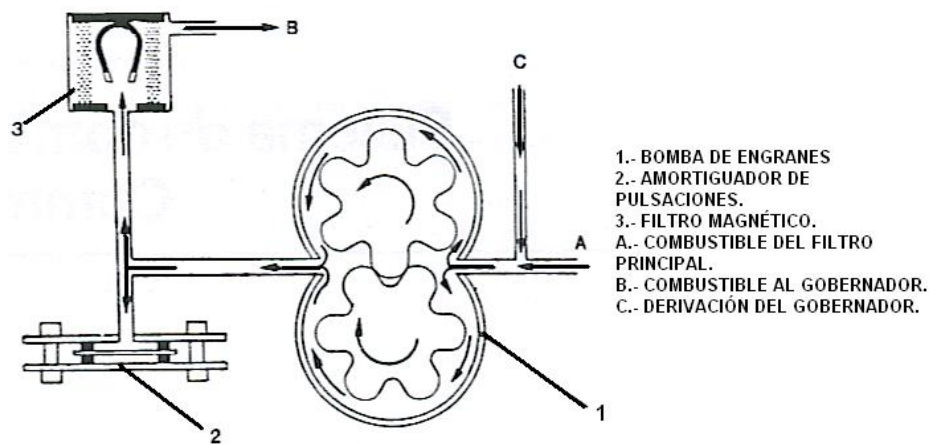


Figura 1.8. Funcionamiento de la bomba de engranes.

### 1.7.- AMORTIGUADOR DE PULSACIONES.

Va conectado a la parte posterior de la bomba de engranes y contiene un diafragma de acero que absorbe las pulsaciones que origina en el combustible la operación de la bomba de engranes, figura 1.9.

El movimiento del mismo absorbe las pulsaciones de los engranes por su movimiento en el espacio de aire que hay detrás del diafragma. Con esto se suaviza el paso del combustible por el sistema.

La fuerza centrífuga actúa sobre los contrapesos y los extiende hacia fuera, este movimiento a su vez mueve el embolo longitudinalmente en contra de los

resortes. El émbolo actúa como una bomba hidráulica que gira con los contrapesos y también se desliza en sentido axial dentro del manguito de gobernador. El movimiento abre o cierra los orificios en el manguito para controlar el paso de combustible en el gobernador y de esta forma la velocidad del motor.

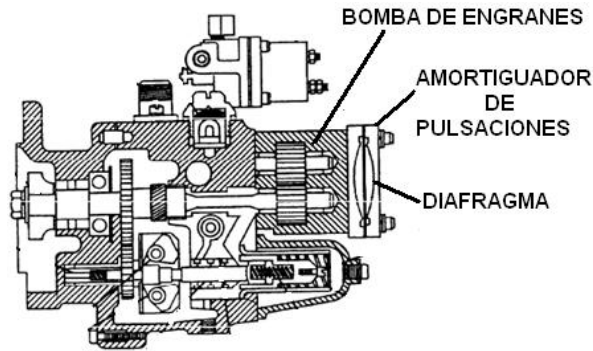


Figura 1.9. Amortiguador de pulsaciones.

### 1.8.- ACELERADOR.

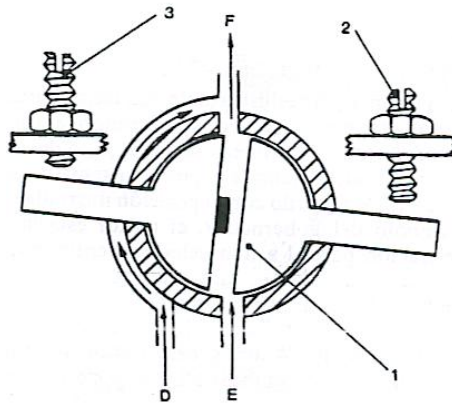
El acelerador permite que el operador controle la velocidad del motor entre la marcha mínima y las rpm gobernadas, de acuerdo con las condiciones variables de velocidad y carga.

En marcha mínima, el acelerador no produce efecto porque el gobernador es el que la controla. El combustible que viene del orificio de marcha mínima del gobernador llega al acelerador por el conducto D), pero pasa alrededor del eje del acelerador hasta el conducto F) y a los inyectores. A velocidades más altas, el combustible pasa desde el orificio principal del gobernador hasta el acelerador por el conducto E) y, luego, a lo largo del eje del acelerador, hasta el conducto F), figura 1.10.

El conductor lo hace girar por medio del varillaje conectado con la palanca o pedal del acelerador. El eje tiene un orificio de acelerador taladrado en sentido diametral que alinea con dos orificios para combustible en el cuerpo de la bomba. El movimiento de la palanca del acelerador varía la abertura del orificio para .aumentar o reducir el paso de combustible y, por tanto, aumentar

o reducir, la presión en los inyectores. Esto, a su vez, modifica la cantidad de combustible que se inyecta y así se controla la velocidad y la potencia del motor.

Cuando se cierra el acelerador, se corta el paso del combustible por el acelerador y por los conductos de marcha mínima sólo pasa combustible, a los inyectores para marcha mínima. Cuando se abre el acelerador, aumenta el paso de combustible y hay un incremento inmediato en la presión de combustible para los inyectores.



**Figura 1.10. Funcionamiento del acelerador.**

- 1. Acelerador.
- 2,3. Topes del acelerador.
- D. Combustible del orificio de marcha mínima del gobernador.
- E. Combustible del orificio principal del gobernador.
- F. Combustible de la válvula de paro

### **1.9.- VÁLVULA DE CONTROL AIRE-COMBUSTIBLE (AFC).**

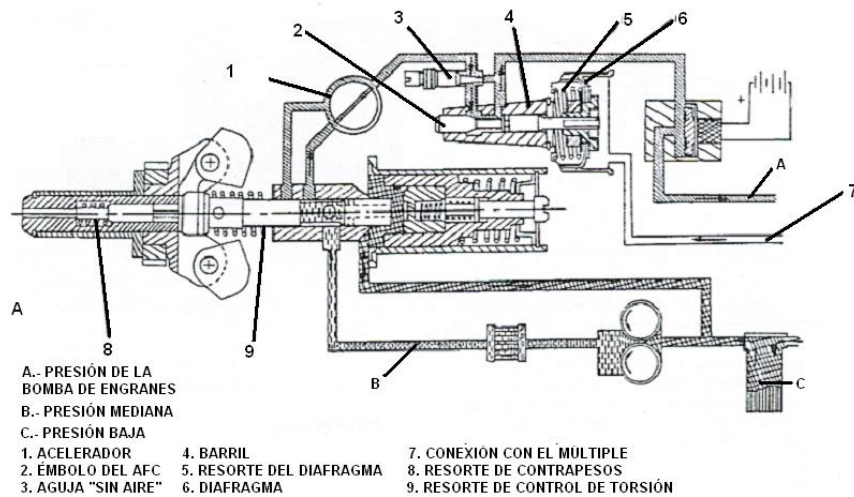
Está operado por la presión del múltiple de admisión, es un dispositivo construido internamente en el cuerpo de la bomba. Se diseña para restringir el flujo de combustible en la proporción directa a la succión, la presión del múltiple del motor durante la aceleración, bajo la carga, y durante bajas condiciones.

La posición del mando AFC dentro del barril determina cuánto combustible del acelerador puede fluir en y a través de la unidad y en a la barra de combustible del motor que alimenta la riel de combustible.

La AFC se utiliza en los motores turbocargados para restringir el flujo y la presión del combustible durante la aceleración. La AFC limita la cantidad de combustible suministrado a los inyectores de acuerdo con la cantidad de aire que envía el turbocargador. El control de flujo y presión del combustible para los inyectores, en esa forma, produce mejor combustión, menor consumo de combustible y menos humo negro en el escape y mayor torsión (par) a bajas velocidades durante la aceleración.

En la figura 1.11 se ilustra la AFC en forma esquemática como parte del sistema de combustible. En realidad, la AFC está en la parte superior de la cubierta de la bomba. Consta, básicamente, de una cubierta pequeña en la que hay un émbolo controlado por un diafragma que se desliza dentro de un barril. Un lado de la cubierta está conectado por un tubo con el múltiple de admisión de aire, de modo que el diafragma responda a los cambios en la presión en el múltiple.

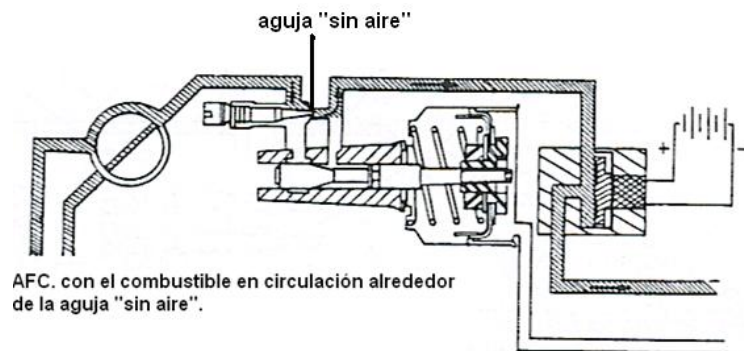
El combustible del sistema circula desde el acelerador a la AFC antes de pasar por la válvula de paro. La AFC tiene dos conductos: uno de ellos es por una válvula de aguja "sin aire" y el otro por el barril hasta más allá del émbolo. El flujo de combustible en los conductos se determina por la presión en el múltiple de aire y por su efecto en el diafragma de la AFC.



**Figura 1.11. Partes de la válvula de control de aire.**

Durante el arranque, en marcha mínima, con carga liviana o siempre que la velocidad del turbocargador y la presión en el múltiple de aire sean bajas, el resorte de AFC que actúa contra el diafragma, sostiene al émbolo de modo que impida el paso del combustible por el barril de AFC, como se ilustra.

En estas condiciones, el único combustible que va a los inyectores es la cantidad que pasa alrededor de la válvula de aguja "sin aire", figura 1.12.



**Figura 1.12. Aguja "sin aire".**

Cuando aumenta la presión en el múltiple de aire, ésta se transmite al lado de presión del diafragma de AFC; esto vence la fuerza del resorte de AFC y hace que el émbolo se mueva en el barril. Con esto quedan descubiertas las

perforaciones en el barril que dejan que el combustible pase por el émbolo y el barril hasta la válvula de paro y a los inyectores.

Conforme sigue en aumento la presión en el múltiple de aire, el diafragma y el émbolo se mueven más, con lo cual descubren en forma progresiva una mayor superficie de las perforaciones. Se deja pasar más combustible, se eliminan todas las restricciones y se llega a la condición de "con pleno aire" que permite flujo sin restricción con el acelerador abierto por completo y con plena carga.

#### **1.10.- GOBERNADOR.**

El gobernador controla el flujo del combustible de la bomba, así como las velocidades máximas y mínimas. El gobernador mecánico actúa por un sistema de resortes y pesos y tiene dos funciones:

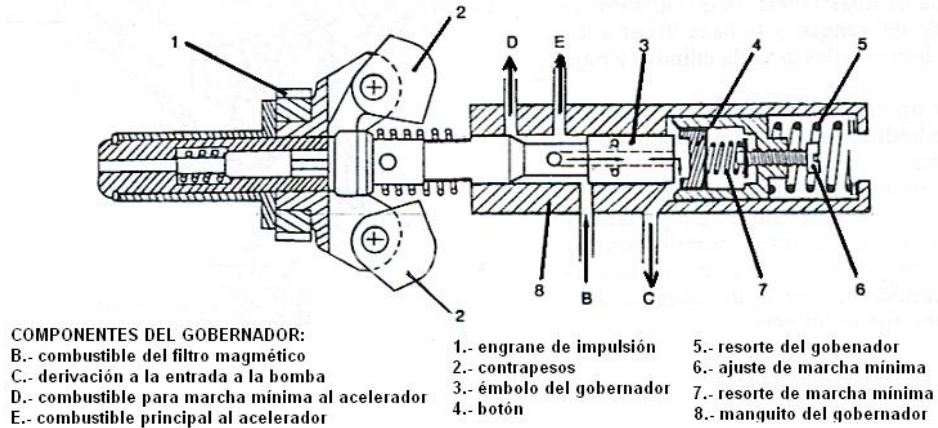
1. Mantiene el combustible suficiente con el mando del acelerador en la posición mínima.
2. Restringirá el combustible a los inyectores sobre las máximas rpm.

Durante el funcionamiento entre las velocidades mínimas y máximas, los flujos de combustible a través del gobernador al inyector son de acuerdo con los requisitos del motor, como controlado por el acelerador y limitado por el gobernador.

En la figura 1.13 se muestra los contrapesos (2) que están montados en un eje y se hacen girar mediante engranes dentro de la bomba de combustible. La fuerza centrífuga actúa en los contrapesos y los hace moverse hacia fuera a la vez que giran en los pasadores que los sujetan en su soporte. Este movimiento hacia fuera de los contrapesos mueve al émbolo (3) hacia la derecha contra la



acción de los resortes (5) y (7) del gobernador. El émbolo es una forma de válvula hidráulica que gira con los contrapesos y también se desliza en sentido axial dentro del manguito (8) del gobernador. El movimiento del émbolo abre o cierra orificios en el manguito para controlar el paso de combustible por el gobernador.



**Figura 1.13. Partes del gobernador.**

El combustible que entra al gobernador en (B) puede salir por tres conductos diferentes, según sean las condiciones de funcionamiento del motor. En marcha mínima y a baja velocidad, el combustible pasa desde el émbolo hasta el conducto (D). Para funcionamiento normal, se envía el combustible al conducto principal (E) del gobernador, o bien se puede derivar el combustible por el orificio en el émbolo hasta el conducto (C) y retornar al lado de entrada de la bomba de engranes.

**Funcionamiento:**

El gobernador mecánico estándar efectúa dos funciones de regulación:

1. Mantiene suficiente combustible para marcha mínima cuando la palanca del acelerador está en esa posición.
2. Corta el combustible cuando se exceden las rpm gobernadas y así limita la velocidad máxima del motor.
3. El gobernador también permite una presión sin restricciones a fin de tener máximo combustible en los inyectores para el arranque. Además, una parte del gobernador funciona como válvula reguladora de presión de la bomba en relación con la velocidad y carga del motor.

### **1.10.1.-REGULACIÓN EN MARCHA MÍNIMA.**

Los contrapesos del gobernador se moverán hacia fuera para colocar el émbolo en el sitio en que envíe la cantidad correcta de combustible al orificio (D) de marcha mínima que, a su vez, se envía a los inyectores para tener la marcha mínima correcta. El rebajo del émbolo (3) abre en forma parcial el orificio (D) de marcha mínima con lo cual pasa una cantidad restringida del combustible al acelerador y a los inyectores.

Si aumenta la carga del motor, éste perderá velocidad y el gobernador responderá a ese cambio para mantener la marcha mínima determinada. Cuando se reduce la velocidad del motor, disminuirá la fuerza centrífuga que actúa en los contrapesos y éstos se moverán hacia dentro para mover al émbolo hacia la izquierda y dejar pasar más combustible por el orificio de marcha mínima a los inyectores. Con esto se restaurará la marcha mínima.

Cualquier reducción en la carga permitirá que aumente la velocidad del motor y que se muevan otra vez los contrapesos, para mover al émbolo a la posición que restrinja el orificio de marcha mínima. Esto reducirá el paso de combustible a los inyectores y se restaurará la marcha mínima.

Un resorte (7) pequeño para marcha mínima se opone al movimiento hacía fuera de los contrapesos. Estos, en marcha mínima, siempre estarán en una posición en la cual están balanceados entre la fuerza centrífuga y la fuerza del resorte para mantener la marcha mínima graduada.

Para ajustar la marcha mínima se gira el tornillo (6). Al apretarlo, se aumentan la tensión del resorte y las rpm de marcha mínima. Al aflojarlo, se reducen la tensión del resorte y las rpm.

### **1.10.2.- REGULACIÓN A VELOCIDAD MÁXIMA.**

Cuando el motor llega a su velocidad máxima gobernada, los contrapesos se habrán movido hacia fuera lo suficiente para colocar al émbolo del gobernador en el lugar en que está a punto de cerrar el conducto (E) principal de combustible. Cualquier aumento adicional en la velocidad del motor producirá más movimiento del émbolo, el cual cerrará en forma parcial el conducto (E) para reducir el suministro de combustible y disminuir la velocidad del motor. En esta forma, el gobernador actúa para limitar la velocidad máxima del motor a la especificada por el fabricante.

El resorte (5) principal del gobernador se opone al movimiento del émbolo a velocidades más altas que la marcha mínima. El aumento en la fuerza del resorte incrementa la velocidad máxima del motor; el ajuste se hace con suplementos (laminas) colocados detrás del resorte. Para reducir la velocidad máxima se quitan suplementos de detrás del resorte y viceversa.

### **1.10.3.-REGULACIÓN A VELOCIDADES NORMALES.**

El único control que el gobernador automotriz estándar tiene en el motor, entre marcha mínima y velocidad máxima, es el de la presión de combustible.

Durante el funcionamiento normal entre marcha mínima y rpm máximas, el acelerador controla la velocidad del motor. Cuando se utiliza gobernador de velocidad variable en motores para ciertas aplicaciones, se puede emplear el gobernador para controlar las velocidades intermedias.

### **1.10.4.- REGULACIÓN CON SOBREVELOCIDAD.**

Si se tiene la transmisión en una "velocidad" incorrecta o si en una bajada la carga "empuja" el vehículo y las rpm aumentan hasta el punto de sobrevelocidad, el gobernador cortará todo el combustible para los inyectores,

la fuerza centrífuga de los contrapesos aumentará al grado de que el resorte gobernador principal se comprimirá más y permitirá que el émbolo cierre el conducto (E) principal para combustible y desvíe el combustible por los orificios de descarga en el émbolo hacia el conducto (C) de derivación, esos orificios son agujeros radiales en el émbolo, que es hueco.

Con el acelerador cerrado, pasa por el mismo una pequeña cantidad de combustible. Con esto se mantienen los conductos llenos para tener aceleración rápida cuando se desee y para lubricar los inyectores

#### **1.10.5.- REGULACIÓN DE LA PRESIÓN.**

La presión que produce una bomba sin regulación y el volumen de combustible que bombea están en relación con su velocidad. A alta velocidad, la bomba de engranes puede producir dos o tres veces más que la presión requerida; por tanto, se debe regular de acuerdo con las necesidades del sistema.

A fin de evitar una presión excesiva, el excedente de combustible pasa por una perforación en el émbolo del gobernador, que es hueco, para llegar al botón (4) del resorte de marcha mínima. La presión del combustible contra el botón lo separa del extremo del émbolo. Con esto se produce un espacio entre el extremo del émbolo y el botón por el cual el exceso de combustible llega al conducto (C) de derivación y retorna a la entrada a la bomba de engranes. La cantidad derivada dependerá del tamaño del espacio o abertura entre el extremo del émbolo del gobernador y el botón.

La posición del botón y, en consecuencia, el tamaño de la abertura, se determinan por la fuerza de los resortes que tratan de cerrar la abertura, a la que se opone la fuerza del combustible a presión que trata de abrirla. El balanceo entre estas fuerzas produce la presión regulada.

La presión requerida en los inyectores en determinado modelo de motor se obtiene con el empleo de botones con rebajo de mayor o menor tamaño. La presión del combustible en el rebajo del botón determina la fuerza contra el mismo y también el tamaño de la abertura para derivar el combustible.

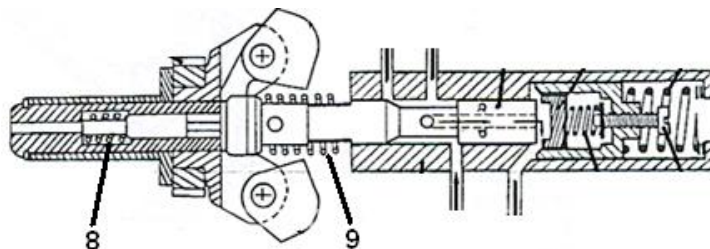
La cantidad de combustible derivado no será constante, sino que dependerá de la velocidad de la bomba y la resistencia al flujo por el émbolo del gobernador y por el conducto de marcha mínima o el conducto principal de combustible hasta el acelerador.

#### 1.10.6.- RESORTES DEL GOBERNADOR.

En la figura 1.14 se muestran dos resortes adicionales que son: el resorte 8) auxiliar de los contrapesos y el resorte 9) de control de torsión (par).

El émbolo y el resorte auxiliares de los contrapesos ayudan a éstos durante el arranque y la marcha mínima porque aplican carga contra el émbolo del gobernador. Esto asegura que los inyectores tendrán combustible adecuado en marcha mínima y baja velocidad. Esa carga también actúa para amortiguar los borboteos en marcha mínima.

El resorte de control de torsión está colocado sobre el émbolo del gobernador. Más allá de cierto punto, este resorte se opone a la acción de los contrapesos y al movimiento del émbolo del gobernador. Con el empleo del resorte de control de torsión se modifican las características de entrega de combustible de la bomba, de modo que se entregue más combustible a ciertas velocidades del motor para aumentarle su torsión.



**Figura 1.14. Resortes del gobernador.**

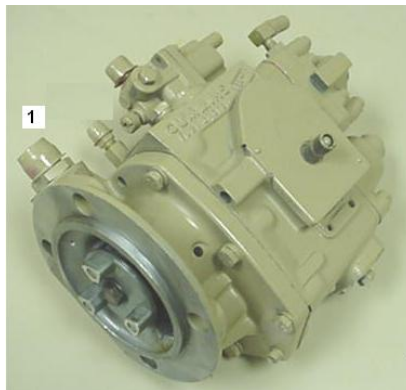
### **1.11.- IMPULSOR DEL TACÓMETRO ESPECIAL.**

Un impulsor de tacómetro especial se ha incluido en el alojamiento de la bomba, la unidad censora por cable o eléctrica puede ir conectada directamente con el impulsor.

### **1.12.- ACOPLAMIENTO IMPULSOR.**

Va montado en el eje impulsor de la bomba principal, figura 1.15.

El acoplamiento (1) cuenta con tres colas que van conectadas a una estrella de caucho o plástico la cual a su vez va conectada al motor, este ultimo cuenta con acoplamiento impulsor similar.



**Figura 1.15. Acoplamiento impulsor.**

### **1.13.- VÁLVULA DE PARO.**

El combustible del acelerador se envía a través de la válvula de paro hasta el múltiple de combustible en la culata de cilindros y a los inyectores. La válvula de paro se emplea para cortar el combustible a los inyectores y hacer que se

pare el motor; puede ser manual o eléctrica; en la figura 1.16 se ilustra una válvula eléctrica.

Cuando se gira el interruptor a la posición "ON" (Conectado) se energiza el solenoide y levanta a la válvula de su asiento para que el combustible pase desde (F) hasta (G). Con el interruptor en "OFF" (Apagado) se libera el solenoide y la válvula se recarga contra su asiento por medio de un resorte, con lo cual corta el paso de combustible por ella. Cuando el motor está parado, la válvula debe estar siempre en la posición cerrada se puede girar con la mano para abrir la válvula y levantarla de su asiento.

- F. Combustible del acelerador.
- G. Combustible a los inyectores.
- 1. Terminales.
- 2. Válvulas.
- 3. Tornillo de regulación.

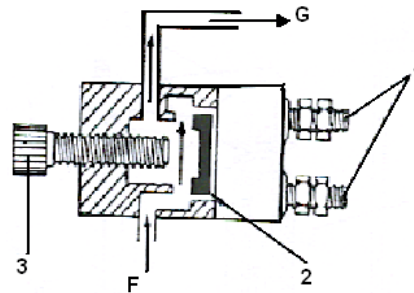


Figura 1.16. Válvula de paro.

#### 1.14.- LOS INYECTORES PT.

Un inyector se proporciona a cada cilindro del motor para rociar el combustible en las cámaras de combustión.

Los inyectores de PTD son del tipo una sola unidad, operado por un árbol de levas accionado por el motor. Los flujos de combustible vienen de una conexión de la válvula de cierre de la bomba, a través de una línea de suministro, en la cabeza del cilindro al frente del motor.

Un desagüe de combustible al fin del volante del motor permite el retorno del combustible sin usar al tanque de combustible, figura 1.17.

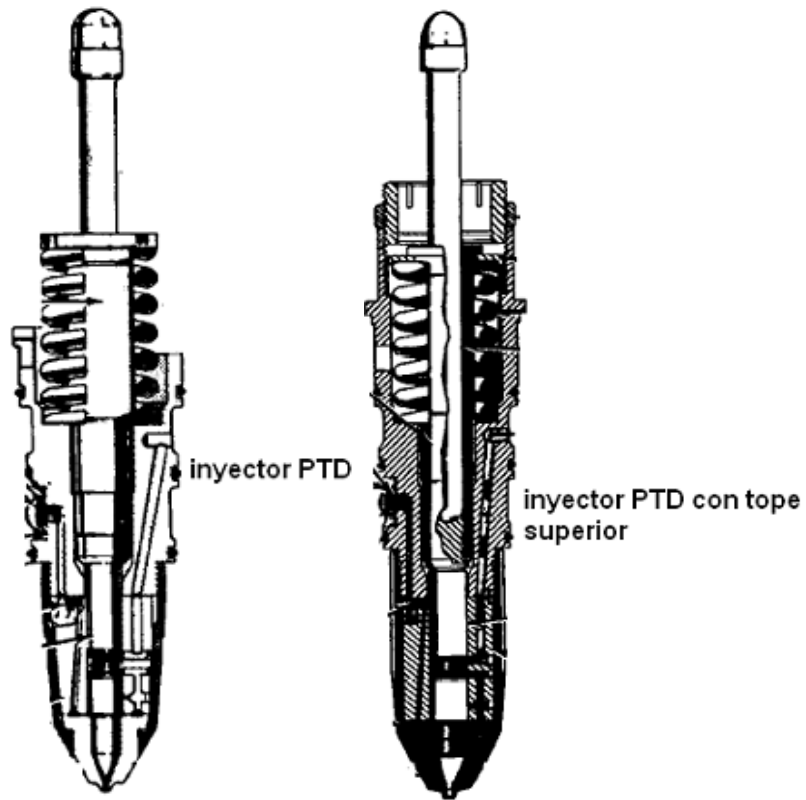


Figura 1.17. Inyectores PT.

### 1.15.- SISTEMA COMPLETO.

En la figura 1.18 se ilustra en forma esquemática el sistema completo con todos los componentes conectados entre sí. Se puede seguir el paso del combustible desde el tanque y por el sistema hasta el inyector.



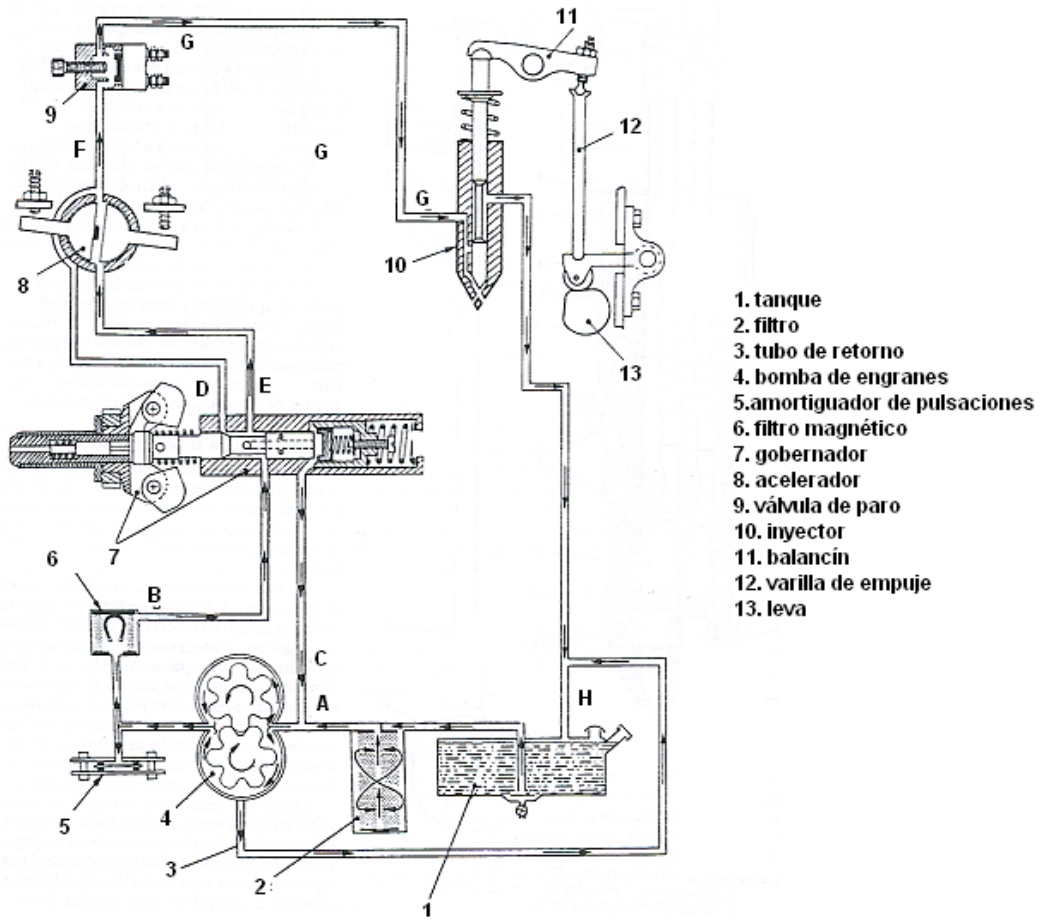


Figura 1.18. Sistema de combustible completo.

## II. CAPÍTULO

### BOMBA PT CUMMINS

## 2.1.- GENERALIDADES.

El combustible es arrastrado del tanque de combustible por la bomba de engranes a través de la línea de suministro de combustible al filtro primario. Este filtro normalmente es un separador o trampa de agua.

El combustible del filtro pasa entonces por los flujos a través de una pantalla de filtro pequeña que se localiza dentro del cuerpo de la bomba PT, y entonces sigue por los flujos abajo en la manga del gobernador interior.

La posición del buzo del gobernador determina el flujo de combustible a través de los varios puertos de buzo de gobernador.

La posición del acelerador mecánicamente operado determina la cantidad de combustible que puede fluir a través del árbol del acelerador.

Del árbol del acelerador se dirige entonces a la aguja-válvula AFC.

Un porcentaje del combustible que la PT bombea y de los inyectores se devuelve al tanque de combustible para llevar el calor que se recogió al refrescar y lubricar los componentes interiores de la bomba y los inyectores.

La presión del combustible se controla mediante el regulador y la posición del acelerador, el tiempo se relaciona con la velocidad del motor (cuanto más alta sea esta menor será el tiempo de carga del inyector), por lo tanto la presión del combustible es muy variable pero debe ser muy precisa. Por esta razón este conjunto de la bomba es más compleja que una bomba de elevación común porque además debe:

- Suministrar combustible a la presión suficiente para cumplir las condiciones de alta velocidad y carga total.
- Limitar la presión para controlar la velocidad máxima del motor.
- Regular la presión entre la velocidad máxima y ralentí.
- Absorber y transferir el combustible del tanque y filtro.
- Desarrollar la presión de combustible suficiente a la barra de combustible a todos los inyectores.

- Proporcionar al motor el mando de velocidad mínima (gobernador).
- Limitar la carga mínima y velocidad de carga máxima del motor (gobernador).
- Permitirle al operador controlar la posición del acelerador y por consiguiente el rendimiento de poder del motor.
- Controlar las emisiones de humo de descarga a las especificaciones bajo las condiciones que opera.
- Los inyectores se cronometran para asegurar que la salida de inyección ocurrirá en el momento correcto por cada cilindro.
- El flujo básico de combustible en y a través de la PT bomba variará, dependiendo ligeramente del modelo real.

## 2.2.- IDENTIFICACIÓN DE LA BOMBA PT.

Todas las bombas Cummins tienen ciertas características de diseño que hacen fácil identificarlas. La bomba PTG puede identificarse fácilmente por el hecho de que el impulsor del tacómetro se localiza en el alojamiento de la bomba principal y los tornillos de fugas del estrangulador se encuentran detrás y arriba de la palanca del estrangulador. También, el eje del estrangulador se mantiene en su lugar por medio de un anillo de resorte externo y no hay accesorios de retorno de combustible en la bomba, con excepción del codo de la válvula unidireccional de la bomba de engranes, figura 2.1.

La bomba AFC, tiene un impulsor del tacómetro localizado en el alojamiento frontal de impulsión de la bomba y se le ha adicionado una cámara de aire en el alojamiento principal de la bomba. La bomba más utilizada en los motores actuales es la AFC.

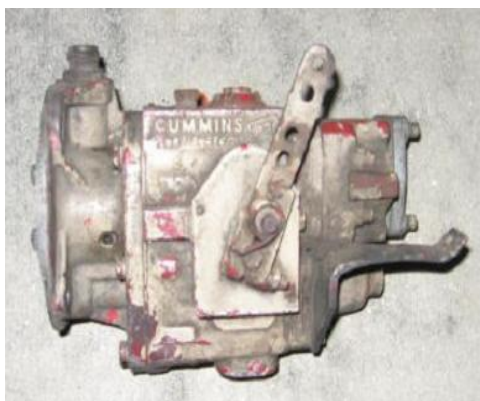
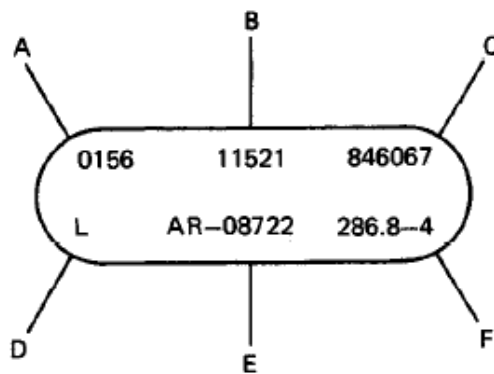


Figura 2.1. Bomba PT CUMMINS.

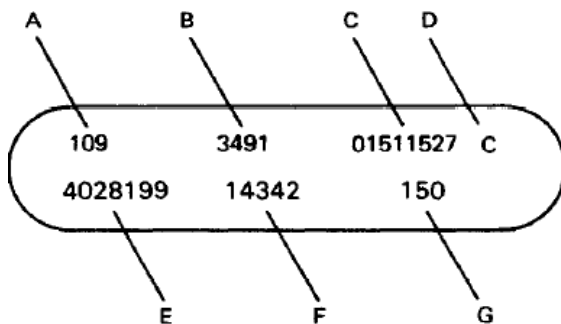
### 2.3.- INTERPRETACIÓN DE LA PLACA DE LA BOMBA PT.

Todas las bombas Cummins tienen una placa de origen, figuras 2.2, 2.3. Esta placa contiene un código que se utiliza para verificar el ajuste correcto de la bomba de combustible con el libro de datos del sistema de combustible. Al paso de los años, se han utilizado varios tipos de placas a medida que cambiaban los modelos y los procedimientos de identificación de las bombas.



- A. Lista del control de partes.
- B. Número de orden del taller.
- C. Número de serie de la bomba.
- D. Giro a la izquierda "L".
- E. Número de partes de la bomba de combustible.
- F. Número de la tarjeta de calibración y letra del sufijo.

Figura 2.2. Placa de identificación de modelo antiguo.



- A. Lista de control de partes.
- B. Código de la bomba de combustible.
- C. Número de serie de la bomba.
- D. La letra C indica la última revisión.
- E. Número de ensamble de la bomba.
- F. Número de orden del taller.
- G. Representa el número unitario de la bomba.

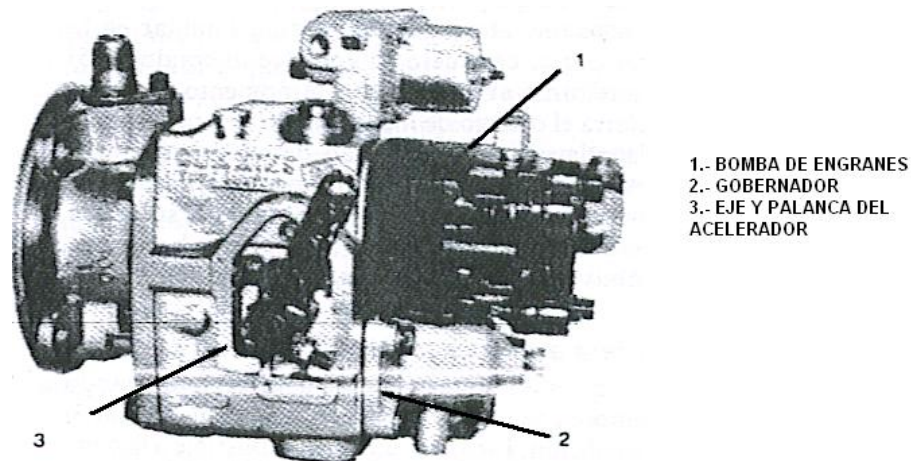
Figura 2.3. Método actual de identificación de la bomba.

## 2.4.- COMPONENTES DE LA BOMBA PT.

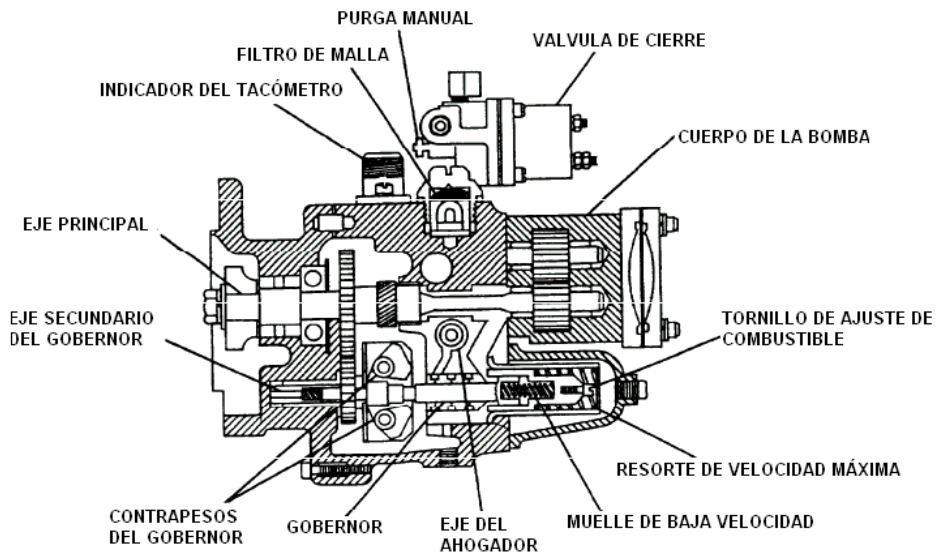
Los tres componentes internos principales de la bomba son: la bomba de engranes (1), el gobernador (2) y el acelerador (3), figura 2.4. La bomba de engranes, impulsada por el eje principal del gobernador absorbe el combustible del tanque y lo envía a baja presión al gobernador.

El gobernador mecánico tiene contrapesos para accionar un émbolo y controlar la velocidad y la torsión (par) del motor. También controla la marcha mínima e impide la sobrevelocidad. El combustible se envía desde el gobernador hasta el acelerador. En la figura 2.5 se ilustra la bomba de combustible PT completa.

El acelerador, básicamente, es un eje con un orificio que alinea con los conductos para combustible para controlar la cantidad y la presión de combustible para los inyectores. La palanca del acelerador, conectada con el eje, está a su vez conectada con el pedal del acelerador u otro control del operador y éste puede variar la velocidad y la potencia del motor entre marcha mínima y velocidad gobernada: esta palanca se puede ver en el exterior de la bomba en la ilustración.



**Figura 2.4. Partes principales de la bomba PT.**



**Figura 2.5. Elementos de la bomba PT.**

## **2.5.- PIEZAS INTERNAS DE LA BOMBA PT.**

En la figura 2.6 se puede ver que el eje principal (21), que se impulsa desde el motor, acciona la bomba (5) de engranes que está en la parte posterior. El gobernador, que está en la parte inferior de la bomba, se impulsa con un grupo de engranes desde el eje principal. El eje (9) del acelerador está montado transversal en el cuerpo y sobresale de la cubierta de la bomba para instalar la palanca del acelerador.

El filtro magnético (2) está contiguo a la bomba de engranes y el amortiguador (8) de pulsaciones está detrás de aquélla. La válvula (4) de paro está en la parte superior de la bomba. Un eje (1) de impulsión de tacómetro se conecta con este en el tablero de instrumentos. Para seguir el paso del combustible por la bomba se empieza en el tubo (7) de entrada de combustible y los conductos que van a la bomba de engranes, acelerador y válvula de paro hasta el tubo (3) para combustible que está conectado en la culata de cilindros.

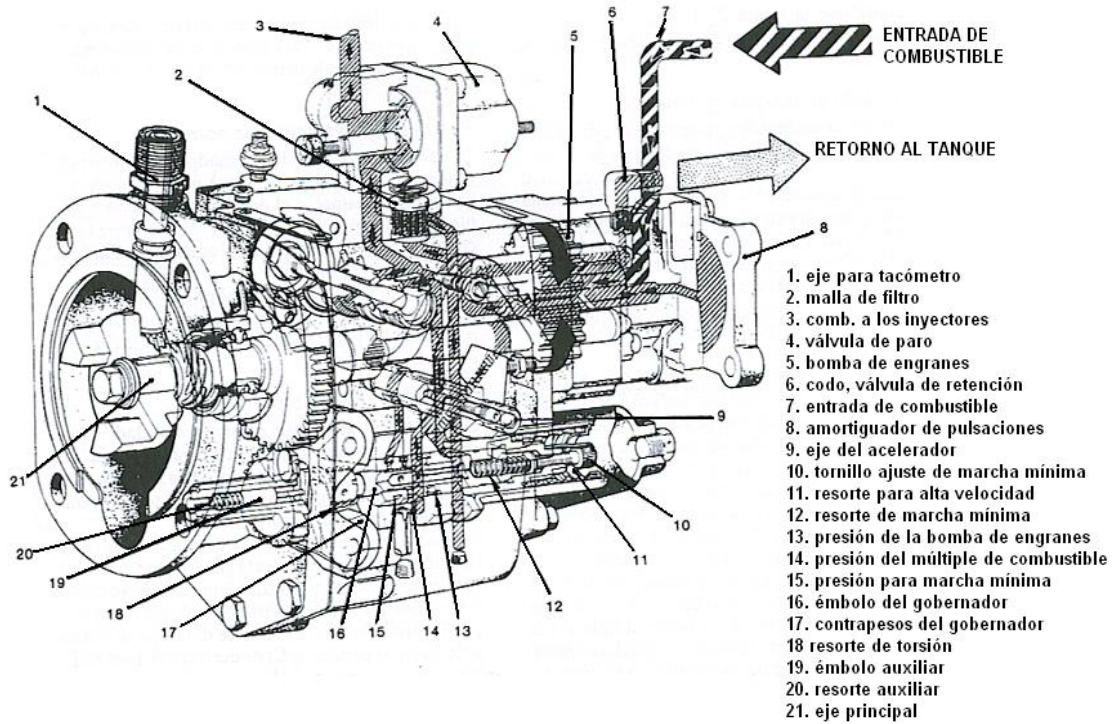


Figura 2.6. Partes internas de la bomba PT.

## 2.6.- OPERACIÓN DE LA BOMBA Y FLUJO DEL COMBUSTIBLE.

El control de combustible (entrega) en una bomba de combustible Cummins tipo PT se realiza mediante un principio muy sencillo: la entrega de combustible está relacionada directamente con la presión del mismo, el tiempo permitido para la entrega y el tamaño del orificio a través del cual debe fluir.

### 2.6.1 .- FLUJO DE COMBUSTIBLE.

En las figuras siguientes aparece un esquema del flujo de combustible con todas las partes identificadas.

#### 2.6.1.1 .- Al arrancar el motor.



Se obtiene combustible mediante la bomba de engranes del tanque del combustible, pasando por el sistema de filtración de combustible, el cual se localiza entre el tanque y la bomba, figura 2.7.

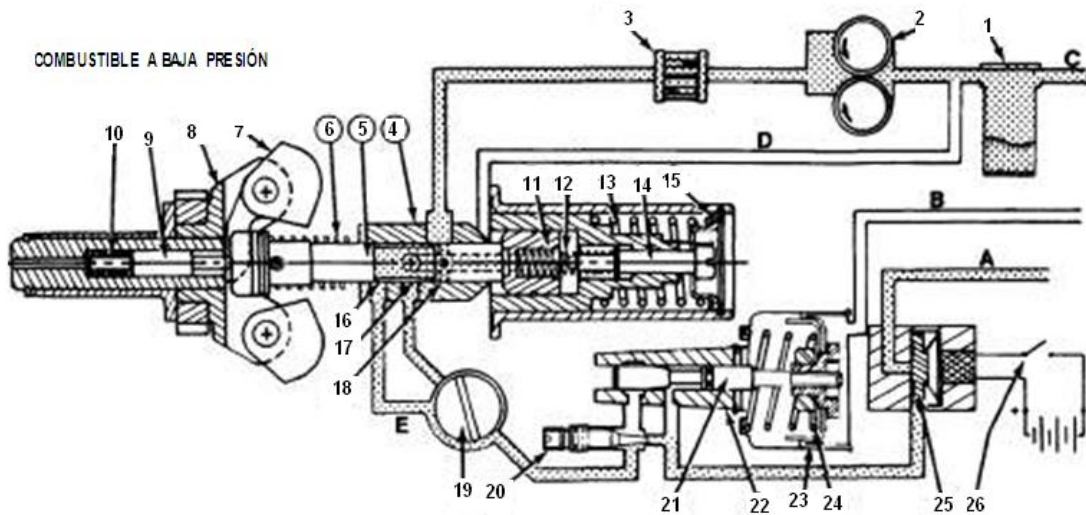


Figura 2.7. Flujo de combustible al arrancar.

- 1 . filtro primario del combustible.
- 2 . bomba de engrane.
- 3 . malla del filtro.
- 4 . chumacera del gobernador.
- 5 . émbolo del gobernador.
- 6 . resorte de control de la torsión.
- 7 . contrapesos del gobernador.
- 8 . portador de los contrapesos del gobernador.
- 9 . émbolo auxiliar de los contrapesos.
- 10 . resorte auxiliar de los contrapesos.
- 11 . émbolo del resorte de marcha en vacío.
- 12 . resorte de velocidad de marcha en vacío.
- 13 . resorte del gobernador de velocidad máxima.
- 14 . tornillo de ajuste de la velocidad de marcha en vacío.
- 15 . calzas del gobernador de velocidad máxima.
- 16 . lumbrera del gobernador de velocidad de marcha en vacío.



- 17 . lumbrera del gobernador principal.
  - 18 . lumbrera de vaciado del gobernador.
  - 19 . estrangulador.
  - 20 . válvula AFC de aguja.
  - 21 . émbolo de control de la AFC.
  - 22 . barril de la AFC.
  - 23 . diafragma (fuelle).
  - 24 . resorte de la AFC.
  - 26 . válvula solenoide.
- A. combustible a los inyectores.
  - B. aire del múltiple de admisión.
  - C. combustible que viene del tanque.
  - D. combustible desviado.
  - E. paso del combustible de marcha en vacío.

### 2.6.1.2 .- Arranque y Marcha en Vacío.

1. El combustible se suministra bajo presión (esta presión depende de la velocidad de la bomba de engranes y de la restricción del sistema), pasando al filtro de malla dentro del alojamiento de la bomba, figura 2.8.

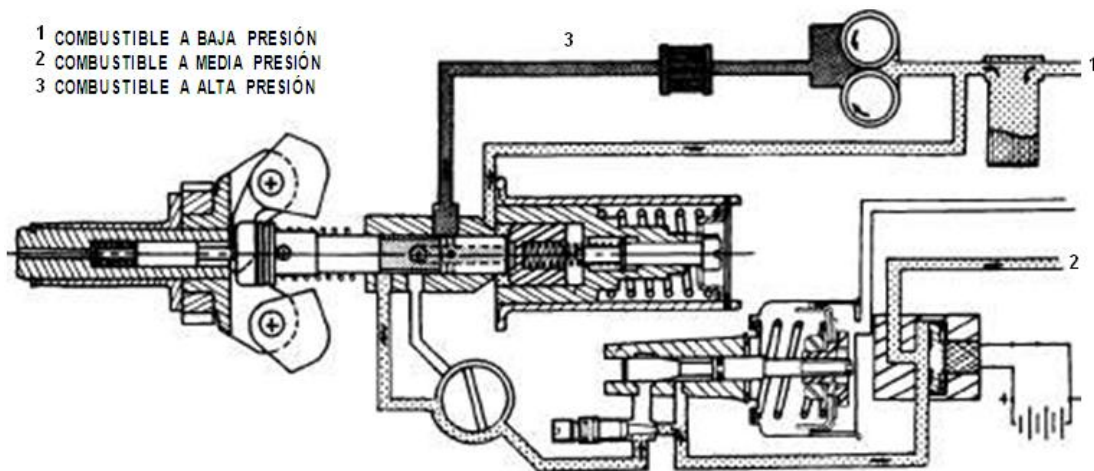
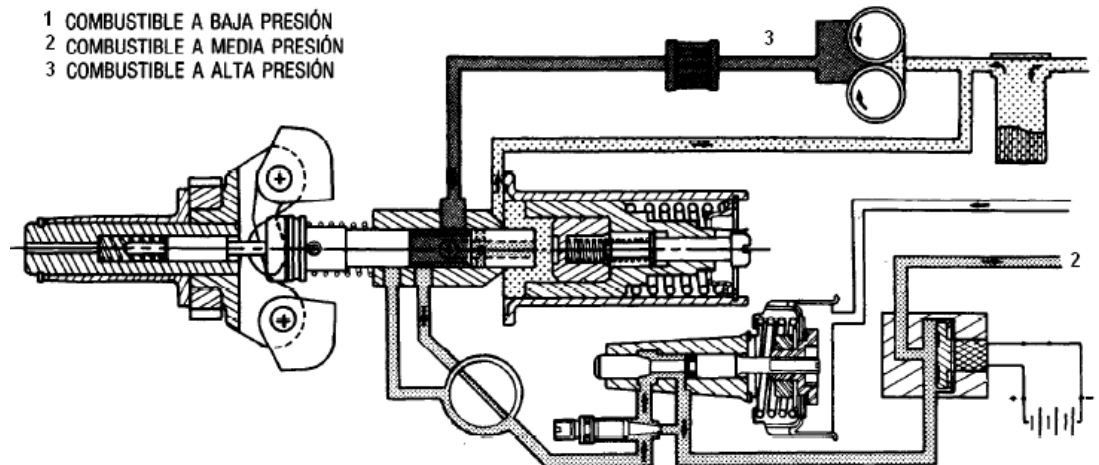


Figura 2.8. Arranque y marcha en vacío.

2. A partir de la malla del filtro, el combustible fluye al barril y émbolo del gobernador.
3. La rotación de los contrapesos del gobernador han movido al émbolo del gobernador a la posición correcta para abrir y regular el combustible en marcha en vacío y en arranque.
4. El combustible fluye por el barril y émbolo del gobernador pasando al tubo de combustible de marcha en vacío, desviándose así del estrangulador.
5. Si el estrangulador está en una posición abierta, el combustible fluye por él y el paso de marcha en vacío hacia la válvula AFC de purga de aire.
6. El combustible fluye por la válvula AFC de aguja hacia la válvula solenoide y, a continuación, a los inyectores. El émbolo AFC se encuentra cerrado en este momento, ya que no cuenta con presión turbo.
7. El combustible continúa fluyendo por la válvula de interrupción y hacia el tubo de combustible del motor.
8. En la figura 2.9 ha aumentado la velocidad del motor como ocurriría durante una operación normal.



**Figura 2.9. Marcha normal.**

9. Se observará que el émbolo del gobernador se ha movido a la derecha y ha cubierto el paso de combustible de marcha en vacío.
10. El flujo de combustible y la presión son ahora controlados por el estrangulador y a lo largo de la posición de los contrapesos del gobernador con el botón del émbolo del resorte de marcha en vacío.

11. También, la presión del combustible ha pasado por el orificio horizontal del émbolo del gobernador y ha movido el botón del émbolo de resorte de marcha en vacío, retirándolo del émbolo del gobernador para controlar la presión del combustible.

12. Una pequeña cantidad del combustible que fluye por el émbolo del gobernador al émbolo del resorte del propio gobernador, circulará hacia el alojamiento de la bomba, retornando a la bomba de engranes.

13. El combustible restante fluye a través del estrangulador hacia la unidad AFC, que ahora está abierta, debido al refuerzo turbo que ha movido el émbolo AFC a la izquierda y ha abierto el paso alrededor del tornillo de purga de aire.

14. El flujo de combustible se mantiene igual, salvo para la operación del gobernador, el cual tiene lugar en marcha en vacío alta. Los contrapesos del gobernador se han movido hacia afuera, moviendo el émbolo del gobernador a la derecha y limitando el flujo de combustible a través del orificio que lleva al estrangulador, figura 2.10. Esta acción limita el flujo de combustible durante la operación del motor a alta velocidad, lo que a su vez limita la velocidad del motor, figura 2.11.

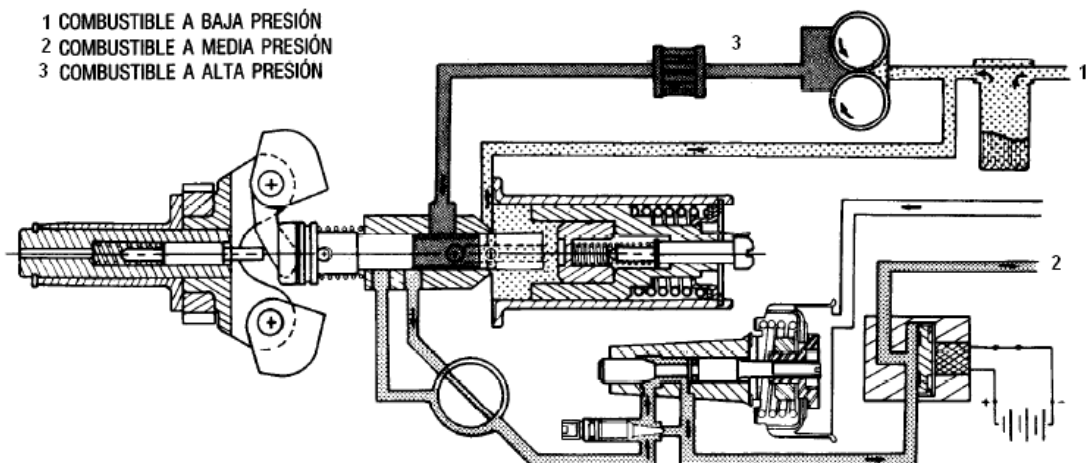
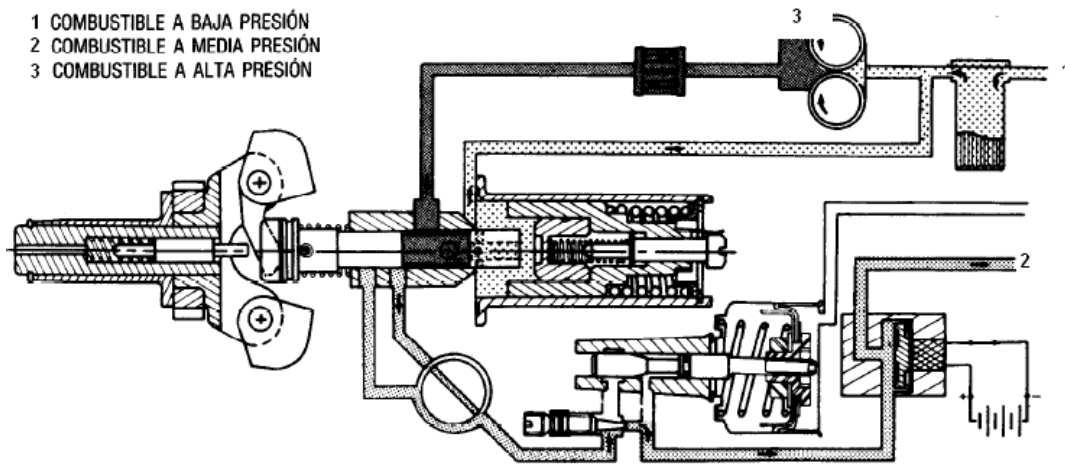


Figura 2.10. Inicio de alta velocidad.



**Figura 2.11. Regulación de alta velocidad terminada.**

**16.** La alta velocidad del motor es controlada por los contrapesos del gobernador, así como por la posición de su émbolo.

La unidad AFC regulará la presión del combustible y, en consecuencia, la entrega del combustible al motor. Esta relación de entrega permite al motor desarrollar potencia plena en todas las velocidades y en todas las condiciones de carga.

## **2.7.- DESENSAMBLE E INSPECCIÓN DE LA BOMBA DE COMBUSTIBLE PT.**

Antes de desensamblar la bomba, límpiela totalmente con líquido para limpieza y con aire comprimido. Después de la limpieza, pase a los puntos siguientes.

### **2.7.1.- PROCEDIMIENTO PARA EL DESENSAMBLE.**

1. Monte la bomba en un soporte adecuado.
2. Retire la válvula de cierre (solenoide).
3. Desmonte el amortiguador de pulsaciones y los tornillos de retención de la bomba de engranes.
4. Separe la bomba de engranes del cuerpo de la bomba principal.
5. Desmonte el filtro de malla.

6. Quite los cuatro tornillos prisioneros que sujetan la tapa del resorte del gobernador al alojamiento de la bomba principal.
7. Desmunte el anillo de resorte del paquete de calzas del gobernador, el ensamble de la guía del resorte y el ensamble del paquete de calzas, sacándolos del alojamiento, teniendo cuidado de que no se caiga el botón del émbolo de resorte de marcha en vacío.
8. Desmunte la placa que cubre el AFC del alojamiento principal y retire la propia placa.
  - a. Desmunte el conjunto del fuelle y émbolo AFC del alojamiento.
  - b. Saque el resorte y las calzas del fuelle.
  - c. Desmunte el anillo de resorte que sujeta el barril AFC al alojamiento de la bomba.
  - d. Quite el barril AFC del alojamiento, utilizando una herramienta en forma de gancho que entre al barril y que se enganche por detrás de éste.
9. Desmunte el tornillo de purga de aire del alojamiento.
10. Quite la sujeción del impulsor del tacómetro de la parte delantera del impulsor.
11. Retire la placa de la cubierta del eje del estrangulador desmontando los tornillos del impulsor que la detienen.
12. Retire la tapa frontal al alojamiento de la bomba y desmunte la tapa del impulsor delantero.
13. Desmunte el émbolo del gobernador.
14. Retire el émbolo de apoyo de los contrapesos del gobernador.
15. Levante el ensamble de contrapesos del gobernador de la tapa delantera.
16. Quite el anillo de resorte que sujeta al eje del estrangulador en el alojamiento de la bomba y desmunte el eje del estrangulador.
17. Extraiga los tornillos prisioneros desde el acoplamiento impulsor.
18. Retire el eje impulsor del tacómetro, el buje y los sellos del alojamiento.
19. Quitar el anillo de resorte colocado detrás del engrane impulsor del gobernador.
20. Quitar el eje impulsor del alojamiento impulsor.
21. Desmunte los sellos del eje impulsor del alojamiento.
22. Limpie cuidadosamente todas las partes de la bomba.

## 2.8.- PROCEDIMIENTO PARA LA INSPECCIÓN DE LAS PARTES.

Inspeccione cuidadosamente todas las partes de la bomba antes de volver a utilizarlas.

1. El buje del eje del estrangulador y el barril del émbolo del gobernador deberán inspeccionarse para determinar si el alojamiento se puede volver a usar.
2. El buje del eje del estrangulador debe inspeccionarse observando si tiene escoriación y desgaste.
3. El barril del gobernador debe inspeccionarse observando si presenta desgaste.
4. El émbolo del gobernador deberá inspeccionarse y ver si no presenta desgaste.

**Tabla II.1. Émbolos de gobernador PT (tipo G).**

	Rojo 0	Azul 1	Verde 2	Amarillo 3	Naranja 4	Negro 5	Gris 6	Púrpura 7	Uso	
Núm. de parte	169660	169661	169662	169663	169664	169665	169666	169667	Estándar	<b>J</b>
Núm. de parte	182530	182531	182532	182533	182534	182535	182536	182537	Gob. SVS	—
Núm. de parte	159320	159321	159322	159323	159324	159325	161586	161587	JT	<b>G</b>
Núm. de parte	168630	168631	168632	168633	168634	168635	168636	168637	V12, H, J, V6, V8	<b>H</b>
Núm. de parte	203350	203351	203352	203353	203354	203355	203356	203357	VS inferior	
Núm.	213240	213241	213242	213243	213244	213245	213246	213247	V-378	

de parte									V-504, V-555	
Núm. de parte	212350	212351	212352	212353	212354	212355			VS superior	
Núm. de parte	213610	213611	213612	213613	213614	213615			VS superior	
Núm. de parte	3009380	3009381	3009382	3009383	3009384	3009385	3009386	3009387	AFC-5 <sup>U</sup> final	
Núm. de parte	3015487	3015488	3015489	3015490	3015491	3015492			YS superior	
Núm. de parte	3015243	3015244	3015245	3015246	3015247	3015248	3015249	3015250	Inferior PT-H	

**Tabla II.2. Émbolos tipo R.**

<b>Código del tamaño</b>	<b>Rojo 0</b>	<b>Azul 1</b>	<b>Verde 2</b>	<b>Amarillo 3</b>	<b>Naranja 4</b>	<b>Negro 5</b>	<b>Uso</b>	<b>Letra del código</b>
Núm. de parte	102510	102511	102512	102513	115584	115585	Estándar	A
Núm. de parte	70810	151941	151942	151943	151944	151945	Gob. MVS	D
Núm. de parte	114690	114691	114692	114693	115604	115605	Gob. MVS	C
Núm. de	151970	151971	151972	151973	151974	151975	Gob. MVS	E

parte								
Núm. de parte	105030	105031	105032	105033	115554	115555	Gobernador con convertidor de torsión	K
Núm. de parte	159410	159411	159412	159413	159414	159415	Gobernador con convertidor de torsión	M
Núm. de parte	109960	109961	109962	109963	109964	115915	Gob. Con velocidad de carretera	B
Núm. de parte	161110	161111	161112	161113	161114	161115	Inyectores PT (tipo B) con Gob. MVS	F

5. El ensamble de los contrapesos del gobernador deberá revisarse observando si presenta desgaste en los contrapesos y en las espigas.
6. El buje del portador del gobernador deberá revisarse viendo si presenta desgaste.
7. Revise el eje impulsor cuidadosamente, viendo si tiene desgaste en el punto en que asientan los sellos. Revise el rodamiento de bolas del eje impulsor.
8. Desensamble la bomba de engranes y revise si presentan señales de desgaste.
9. Revise el diafragma del amortiguador de pulsaciones.
10. El impulsor del tacómetro deberá revisarse observando si su buje presenta desgaste. El juego normal entre el eje y el buje es de 0.002 a 0.003 pulg (0.05 a 0.08 mm).
11. Revise la válvula de interrupción y que su funcionamiento sea el correcto.



12. El fuelle AFC deberá inspeccionarse para ver si presenta grietas o roturas.
13. Revise el pistón, observando si presenta escoriaciones y rayaduras.
14. Verifique el barril AFC, viendo si presenta escoriación o rayaduras.
15. Desmunte y deseche todos los arosellos del barril AFC.

## **2.9.- ENSAMBLE Y CALIBRACIÓN DE LA BOMBA.**

### **2.9.1.- PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAMBLE DE LA BOMBA.**

1. Monte el alojamiento de la bomba en un banco de trabajo para bombas.
2. Instale la arandela del resorte de marcha en vacío del gobernador sobre el tornillo de ajuste de marcha en vacío.
3. Instale el resorte de marcha en vacío sobre el tornillo de ajuste de marcha en vacío del émbolo.
4. Coloque el botón del émbolo de marcha en vacío sobre el resorte de marcha en vacío.

**NOTA.** El botón del émbolo de marcha en vacío regula la presión máxima del combustible y, en consecuencia, la potencia del motor.

5. Instale el émbolo del gobernador, el resorte del gobernador.
6. Coloque el anillo de resorte del gobernador y la cubierta del paquete del resorte.
7. Lubrique el émbolo de control del gobernador e instálelo en el alojamiento de la bomba.
8. Instale sellos nuevos en el alojamiento impulsor delantero de la bomba.
9. Instale el eje en el alojamiento delantero de la bomba.
10. Lubrique el eje con aceite de motor, e instálelo cuidadosamente en los sellos, girando el eje y moviéndolo de un lado a otro.
11. Comprima el anillo de retención e introdúzcalo en la ranura del alojamiento delantero.
12. Instale el ensamble de los contrapesos del gobernador y el buje en el alojamiento delantero.
13. Coloque un arosello nuevo en el eje del estrangulador.

14. Inserte el estrangulador en el alojamiento de la bomba principal.
15. Inserte un pequeño anillo de resorte en el interior del alojamiento de la bomba, o inserte un anillo grande de resorte en la parte exterior.
16. Anote la posición de la ranura para el aceite del buje de impulsión del tacómetro.
17. Introduzca el buje y el impulsor del tacómetro en el alojamiento del impulsor delantero de la bomba.
18. Instale el sello espaciador y el sello del impulsor en el impulsor del tacómetro.
19. Coloque el sello contra el polvo con el lado blando hacia arriba y a continuación instale el retén y los tornillos.
20. Coloque el empaque del alojamiento delantero en el alojamiento de la bomba principal.
21. Instale la lengüeta de impulsión del émbolo del gobernador en posición horizontal.
22. Coloque el émbolo auxiliar de los contrapesos, con el resorte y las calzas en el orificio del eje del gobernador.
23. Coloque el ensamble de contrapesos del gobernador en posición horizontal.
24. Instale el alojamiento delantero.
25. Coloque los tornillos en el alojamiento delantero y apriételes a 10 lb-pies (13.56 N.m).
26. Instale un empaque nuevo en la bomba de engranes.

**NOTA.** Las bombas de engranes deberán instalarse correctamente según el giro de la bomba.

27. Monte la bomba de engranes.
28. Instale el amortiguador de pulsaciones.
29. Coloque la bomba de engranes, el amortiguador y los tornillos prisioneros, apretándolos a 10 lb-pies (13.56 N.m).
30. Determine qué tipo de accesorio para entrada de combustible se requiere.
31. Instale el accesorio correcto de entrada en la bomba de engranes.
32. Monte el filtro de combustible y la tapa en el alojamiento de la bomba.

33. Coloque la válvula de interrupción de combustible.
34. Instale el pequeño resorte en el orificio del barril AFC.
35. Lubrique e instale los arosellos del barril AFC y, a continuación, monte el barril en el alojamiento de la bomba.
36. Coloque el anillo de resorte del retén del barril.
37. Instale el resorte del fuelle y la arandela de acero en el rebajo del alojamiento de la bomba.
38. Coloque el resorte AFC sobre el émbolo AFC y el fuelle.
39. Lubrique e instale el émbolo AFC con resorte y fuelle en el barril AFC.
40. Instale la placa de la cubierta AFC y los tornillos.
41. Después de instalar y lubricar los arosellos nuevos en el tornillo de purga de aire, instálelo en el alojamiento de la bomba y atorníllelo hasta que asiente en el alojamiento.

## **2.10.- PROCEDIMIENTO PARA LA CALIBRACIÓN DE LA BOMBA.**

Lubrique el engrane impulsor del tacómetro con aceite para motores 30 w a continuación, monte la bomba a probar en el banco de prueba. Prepare la bomba para su operación en el banco de prueba, de acuerdo al número que aparece en la etiqueta. Observe el código correcto en cuanto a las especificaciones de calibración. Asegúrese de que todas las conexiones sean de tipo correcto y estén en buen estado. Cualquier fuga de succión en el tubo de entrada permitiría el paso de suficiente aire a la bomba de inyección, de manera que resultaría imposible una calibración correcta. Antes de intentar calibrar la bomba, observe los datos de calibración, utilizando el número de código de la bomba que se encuentra en la placa de la misma.

1. Quite los tres tornillos prisioneros que sujetan la placa de la cubierta del AFC al alojamiento de la bomba principal.
2. Instale la herramienta de ajuste AFC y la herramienta para ajuste de marcha en vacío, si se dispone de ella.
3. Instale los tornillos prisioneros y apriételes de 30 a 35 lb-pulg (3.39 a 4.52 N.m).

4. Suministre aire a presión 25 lb/pulg<sup>2</sup> (1.75 kg/cm<sup>2</sup>) a la herramienta de servicio AFC.
5. Instale el tornillo moleteado en la válvula de interrupción de la bomba, introduciéndolo hasta el fondo.
6. Abra la válvula del múltiple del tablero de flujo o del banco de prueba y asegúrese de que la válvula de marcha en vacío esté cerrada.
7. Encienda el banco de prueba y haga girar la bomba de 500 rpm, con el estrangulador en la posición totalmente abierta.
8. Después de que la bomba haya funcionado por varios minutos, cierre la válvula de entrada o de succión y observe el manómetro de vacío. La bomba deberá expulsar 24 a 25 pulg de vacío a 500 rpm.
9. Aumente la velocidad de la bomba a 100 rpm por debajo de la velocidad nominal.
10. Ajuste la válvula de succión de entrada de manera que aparezca un vacío de 8 pulg en el manómetro de vacío.
11. Ponga en marcha la bomba durante 5 minutos, para asentar sus cojinetes o bujes nuevos y para purgar todo su aire.
12. Ajuste la válvula de control de combustible de manera que el medidor de combustible indique el flujo especificado en los datos de calibración.
13. Si no puede obtenerse el flujo correcto, cambie el botón del émbolo del resorte de marcha en vacío.
14. Reajuste la válvula del accesorio de succión con la bomba marchando a 100 rpm por debajo de la velocidad nominal e indicando de 5 a 8 pulg de vacío.
15. Revise las rpm de corte del gobernador, aumentando la velocidad de la bomba hasta que la presión del combustible empiece a bajar.
16. Después de que haya vuelto a revisar la velocidad de corte de marcha en vacío, mueva el estrangulador de la bomba a la posición de marcha en vacío y abra la válvula de fuga del estrangulador del banco de prueba.
17. Cierre la válvula del múltiple, así como las válvulas de marcha en vacío, y ponga en marcha la bomba a las rpm de velocidad nominal para comprobar si hay fugas en el estrangulador.
18. El flujo de combustible deberá coincidir con las especificaciones de la hoja de datos de calibración (de 75 a 100 cc para la mayoría de las bombas).

19. Si la fuga del estrangulador no corresponde con la cantidad especificada, ajuste el tornillo tope localizado atrás del estrangulador de las bombas AFC.
20. Revise la posición de la palanca del estrangulador.
21. Verifique el movimiento hacia adelante de la placa del estrangulador.
22. Cierre la válvula del flujo principal.
23. Asegúrese de que el estrangulador esté en la posición de marcha en vacío y manténgalo así.
24. Ponga en marcha la bomba a la velocidad de marcha en vacío especificada.
25. Revise el panel de flujo, observando el flujo de combustible o las lecturas de presión.
26. Si la presión o la entrega son incorrectas, ajuste el tornillo de ajuste de marcha en vacío.
27. Una vez que el ajuste de la presión de vacío sea satisfactoria, abra la válvula del múltiple y cierre el orificio de marcha en vacío o la válvula de flujo.
28. Ponga en marcha la bomba a las rpm nominales y ajuste el medidor de flujo para obtener el correcto, leyendo el manómetro.
29. Si se obtuvo una presión correcta, o ligeramente mayor en el flujo de combustible, ajuste la restricción del estrangulador para lograr la presión correcta.
30. Reduzca la velocidad de la bomba para comprobar el respaldo de torsión.
31. Ajuste la válvula del múltiple para el flujo correcto que aparezca según estas rpm.
32. La presión en el manómetro debe corresponder a las especificaciones.
33. Si la presión no es la especificada, desensamble de nuevo la bomba y revise la saliente del émbolo auxiliar de los contrapesos.
34. Localice el tornillo de ajuste de purga de aire detrás de la palanca del estrangulador y asegúrese de que esté totalmente adentro.
35. Ajuste la presión de aire suministrada al fuelle AFC.
36. Ponga en marcha la bomba de las rpm del AFC.
37. Con las válvulas de marcha en vacío y fuga cerradas, regule la válvula de flujo principal y la válvula de aguja de  $\frac{1}{4}$  pulg hasta obtener el flujo y la presión de ajuste del émbolo AFC.

38. Cierre la válvula de aguja de  $\frac{1}{4}$  pulg, deje ajustada la válvula de control principal como se encuentre y ajuste la presión del aire del fuelle AFC a cero.

39. Ajuste el émbolo AFC. Vuelva a comprobar el ajuste.

### **III. CAPÍTULO**

## **LOS INYECTORES**

### **3.1.- GENERALIDADES.**

El inyector PT es una unidad mecánica sencilla que recibe combustible lo dosifica, inyecta y atomiza a distintas presiones desde el conjunto de bombas de inyección. Todos los inyectores tienen un embolo que se mueve alternativamente en el cuerpo del inyector, accionado por el árbol de levas a través del balancín.

En los inyectores se controla el periodo de tiempo mediante el cual el combustible entra a estos. La entrada de combustible a los inyectores se controla mediante la bomba de inyección, mientras que el tiempo se controla mediante la velocidad de rotación del árbol de levas con el funcionamiento del motor. El sistema de inyección Cummins PT utiliza inyectores sencillos que se accionan mecánicamente. Cada inyector tiene un orificio de dosificación el cual lleva el combustible a la cámara de presión, el embolo del inyector se acciona desde el árbol de levas a través de una varilla de empuje y un balancín. El combustible fluye a través del orificio de dosificación hacia la cámara de presión únicamente durante la parte final de la carrera del pistón del motor. Los antiguos inyectores PT eran del tipo de pestaña. Los posteriores eran cilíndricos (redondos) y se producían en seis modelos, PT, PTB, PTC, PTD, PTD tope superior y PTD tope superior DIF (inyección directa de combustible).

### **3.2.- IDENTIFICACIÓN DEL INYECTOR PT.**

Cada inyector tiene una información estampada sobre el mismo y que se requerirá durante las reparaciones y la calibración. Esta información se encontrará en cualquier parte del cuerpo. El sistema de identificación que se puede encontrar en los inyectores Cummins aparece en la figura 3.1. Los números asociados con cada flecha corresponden a los elementos listados.

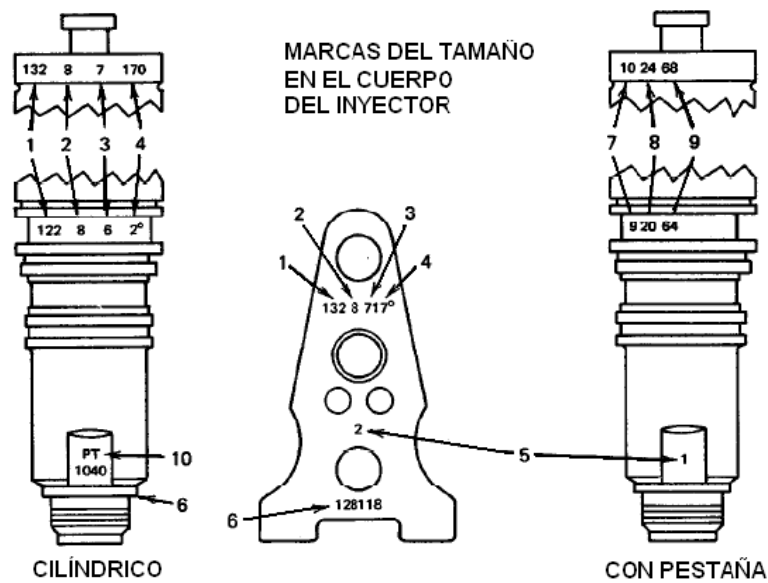


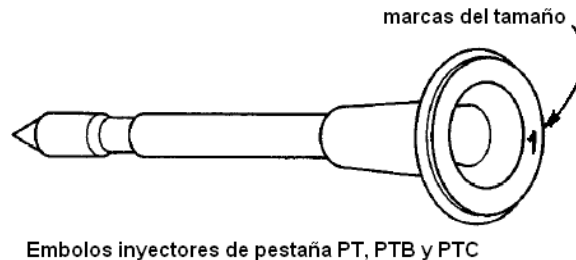
Figura 3.1. Identificación de los inyectores.

### 3.2.1.- NUMERACIÓN.

1. El código del flujo de entrega ST-790 se refiere a la cantidad de combustible en centímetros cúbicos (cc) que un inyector debe entregar durante 1 000 carreras en el banco de prueba del inyector, cuando se encuentra bien ajustado.
2. Este número indica la cantidad de orificios que aparecen en la copa del inyector.
3. Este número representa el tamaño del orificio en la copa del inyector en milésimas de pulgada.
4. Este número indica el ángulo de las perforaciones de la copa del inyector, utilizando la superficie de la cabeza de cilindros o una línea imaginaria en ángulo recto al inyector como la línea base.
5. Este número representa el número de sobre tamaño del émbolo y deberá corresponder con el cuerpo. Por ejemplo, si un émbolo tiene un núm. 1 estampado sobre el mismo, el cuerpo sobre el que vaya instalado deberá ser también número 1, figura 3.2. No intercambie cuerpos y émbolos sin respetar los tamaños.



Los émbolos y cuerpos de los inyectores PT, PTB y PTC, son reconstruidos y acoplados en forma rutinaria. Es necesario que se mantengan juntos, ya que forman un conjunto acoplado.



**Figura 3.2. Numeración del émbolo.**

**NOTA.** Los inyectores PTD tope superior tienen un conjunto de émbolo y barril intercambiable; por lo tanto, el tamaño del émbolo y el cuerpo no aparece estampado en el exterior del cuerpo del inyector, como ocurre con los PTB y PTC.

6. El número de parte del cuerpo es un número utilizado para el cambio de partes.

7, 8 y 9. Estos tres números representan el mes, día y el año en que se fabricó el inyector.

10. El modelo del inyector va estampado en el cuerpo del mismo (PT).

**NOTA.** Los inyectores Cummins actuales no cuentan con información acerca del flujo y la copa estampada en los mismos. Estos inyectores tendrán que ser identificados por el número de parte.

**Ejemplo:** Utilizando la información acerca de los elementos 2, 3 y 4, la copa en el inyector de pestaña (figura 3.1), deberá tener 8 orificios de 0.007 pulg (0.178 mm) de diámetro colocados a un ángulo de 17°. Comúnmente denominado copa grado 8-7-17.

### 3.2.2.- TIPOS DE MARCAS DE COPA.

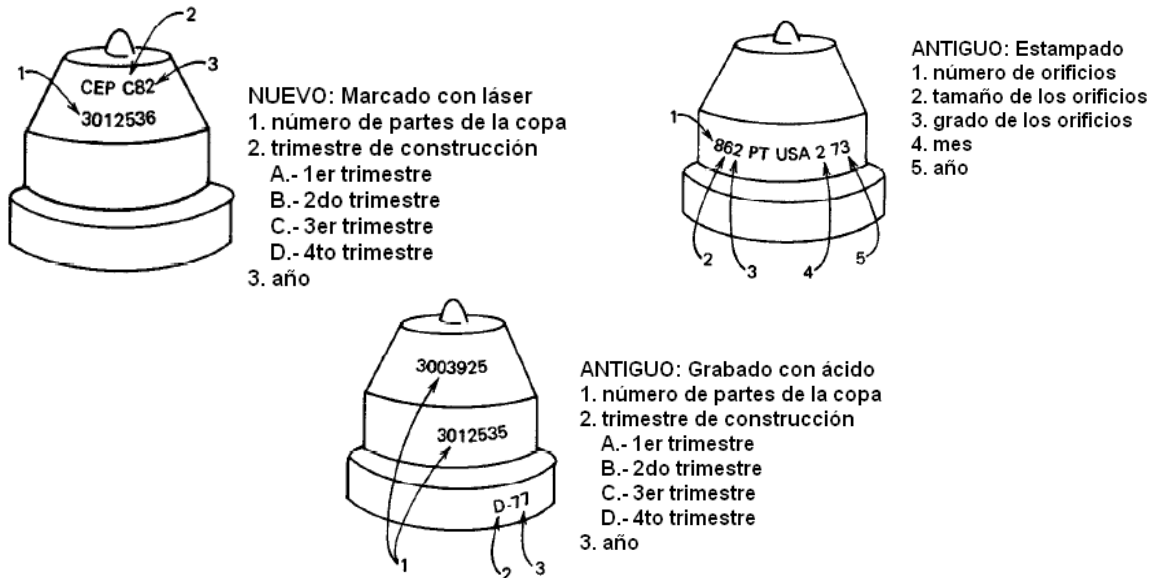
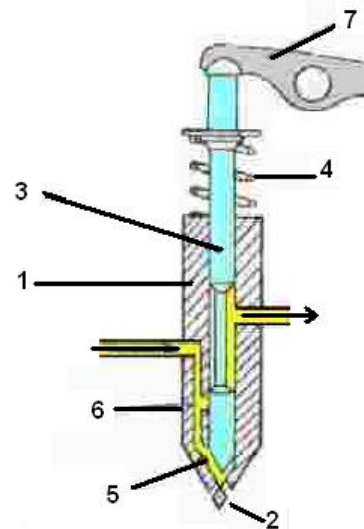


Figura 3.3. Marcas de la copa del inyector.

### 3.3.- PARTES COMPONENTES DEL INYECTOR PT.

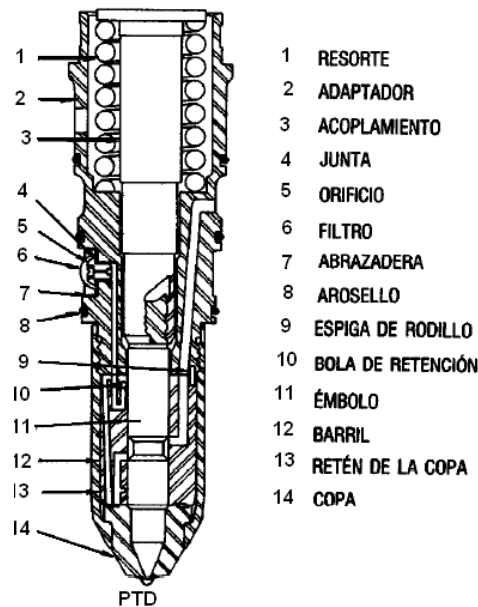
Los inyectores Cummins PTD, PTC, PTD y PTD tope superior, están formados por las siguientes partes principales, figura 3.4.

1. Cuerpo.
2. Copa (sola o en dos piezas).
3. Émbolo.
4. Resorte de retorno del émbolo.
5. Orificio de equilibrio.
6. Barril y émbolo (sólo en los PTD).
7. Articulación del inyector.



**Figura 3.4. Partes del inyector PT.**

Además en la figura 3.5 se ilustra un inyector PT-(tipo D) y de tope superior en sección y se señalan sus diversas piezas. Es un inyector cilíndrico que se instala en la culata con una grapa o una placa de montaje.



**Figura 3.5. Inyector PT (Tipo D).**

### **3.3.1.- INYECTOR DE TOPE SUPERIOR (TOP STOP).**

Se llama de tope superior, porque el movimiento ascendente del émbolo está limitado por un tope ajustable en la parte superior del inyector; el tope se ajusta en la fábrica o durante el reacondicionamiento del motor antes de instalar el inyector.

Cuando el inyector está instalado y ajustado en el motor en la forma correcta, el tope superior recibe la carga del resorte del émbolo. Esto elimina la carga en el mecanismo de accionamiento del inyector cada vez que el émbolo, en la parte más alta de su carrera, está contra el tope superior. Al eliminar la carga del resorte en esa forma, se tiene mejor lubricación para el mecanismo de inyectores porque el aceite puede penetrar entre las piezas móviles con más facilidad que cuando están sometidas a la carga del resorte del inyector.

Hay otros inyectores PT que no tienen tope superior y se llaman por ello sin tope superior para distinguirlos. En el inyector de tope superior, el resorte está sujeto en el adaptador o en el cuerpo del inyector por el tope superior. La pieza más grande del inyector, el adaptador (6) aloja al resorte (5) de retorno del émbolo en su sección superior y tiene la malla (14) de filtro y el orificio (15) en un lado. El adaptador tiene tres sellos anulares (7) en el exterior, que sellan contra la culata para formar los conductos de entrada y retorno de combustible hacia y desde el múltiple de combustible, figura 3.6.

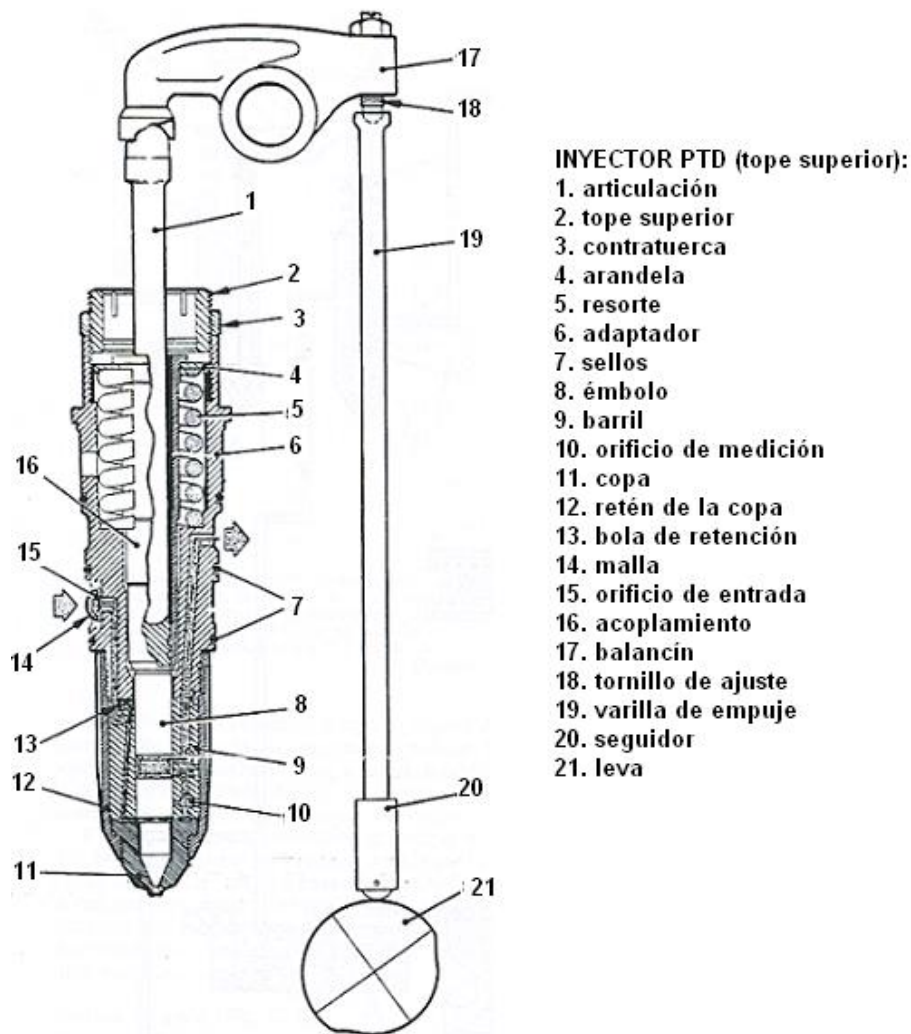


Figura 3.6. Inyector PT de tope superior (Top Stop).

### **3.4.- OPERACIÓN DEL INYECTOR PTD, PTD (TOPE SUPERIOR), Y FLUJO DE COMBUSTIBLE.**

El inyector del sistema de combustible Cummins PT es operado por el árbol de levas del motor por conducto de los seguidores de leva, los tubos de empuje y el brazo del balancín inyector.

La función del inyector es para el tiempo, medición, inyección (la presión) y atomización del combustible. El combustible es suministrado al inyector, pasando por los conductos de la cabeza de cilindros. A continuación, el combustible fluye a través del inyector en este orden (el flujo de combustible proporcionando corresponde al inyector PTD):

1. El combustible se suministra al orificio de equilibrio del inyector desde los conductos de combustible en la cabeza de cilindros.
2. A continuación, el combustible fluye por el inyector en la forma que aparece y se describe en la figura 3.6.
3. El combustible entra por el orificio (15), pasa por la válvula de retención de bola (13) y llega al barril (9) al conducto anular entre el barril y la copa (11) del inyector y sube hasta el orificio de medición (10) en donde se lo mide y envía a la copa (11) del inyector.
4. El combustible que no se inyecta circula por el orificio de medición, alrededor del émbolo y sale del inyector al tubo de retorno.

La copa, el barril y el adaptador se mantienen unidos con el retén (12) de la copa que se instala a rosca en el extremo del adaptador. El orificio (10) de medición cerca del extremo del barril en que está la copa es de tamaño fijo. Los barriles para diferentes modelos de motor tienen orificios de medición de distinto tamaño según las necesidades del motor. Las copas de los inyectores también varían en cuanto al número, tamaño y ángulo de los orificios para atomización.

El inyector mide e inyecta el combustible. La medición está basada en la presión y el tiempo, es decir, la presión en el inyector y el tiempo que permanece abierto su orificio de medición.

### 3.4.1.- COMIENZO DE LA CARRERA ASCENDENTE.

El combustible circula por el inyector, figura 3.7. El combustible enviado a baja presión por la bomba entra al inyector por la malla (A) y baja por el orificio (B) de entrada. Luego pasa por las perforaciones internas del inyector, alrededor de la ranura anular en la copa, por el conducto (D) y vuelve al conducto (E) para retornar al tanque. En este momento, el émbolo cierra el orificio de medición y no entra combustible a la copa. La cantidad de combustible que circula en el inyector se determina por la presión en el orificio (B) de entrada. La presión, a su vez la determina la velocidad del motor, en la bomba de combustible, el gobernador y el acelerador.

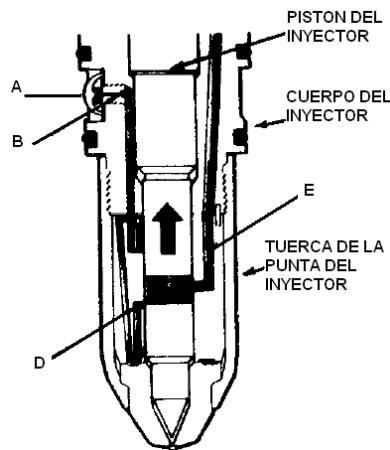


Figura 3.7. Carrera ascendente del émbolo.

### 3.4.2.- TERMINA LA CARRERA ASCENDENTE.

El combustible entra en la copa del inyector, mientras el émbolo del inyector se mueve hacia arriba, el orificio de medición (C) está descubierto y el combustible entra a la copa del inyector. La cantidad viene determinada por la presión del combustible. El conducto (D) se ha bloqueado, deteniendo momentáneamente la circulación del combustible y aislando el orificio de medición de las pulsaciones de presión, figura 3.8.

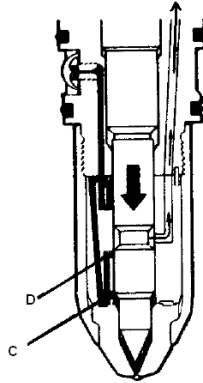


Figura 3.8. Termina la carrera ascendente del émbolo.

### 3.4.3.- CARRERA DESCENDENTE.

Se produce la inyección del combustible, a medida que el émbolo se mueve hacia abajo y cierra el orificio de medición, se corta la entrada de combustible a la copa, figura 3.9. Mientras el pistón sigue su carrera hacia abajo obliga a salir al combustible de la copa por conducto de pequeñas perforaciones bajo la forma de un cono fino a alta presión. Esto asegura la combustión completa del combustible en el cilindro. Cuando el conducto del combustible (D) es descubierto por el corte del pistón, el combustible comienza de nuevo a fluir por el conducto de retorno (E) hacia el tanque de combustible.

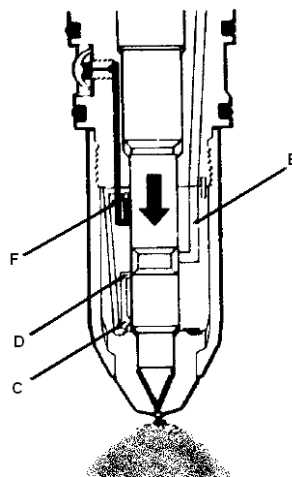


Figura 3.9. Inyección de combustible.

### 3.4.4.-TERMINA LA CARRERA DESCENDENTE.

El pistón continúa asentado hasta el nuevo ciclo de medición e inyección, circula libremente por el inyector y el combustible circula después de la inyección, es regresado al tanque de combustible por el conducto (E), figura 3.10. Esto asegura el enfriamiento del inyector, a la vez que calienta el combustible que se encuentra en el tanque.

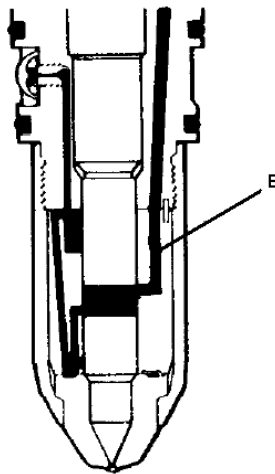


Figura 3.10. Termina la carrera descendente del émbolo.

### 3.5.- DESENSAMBLE E INSPECCIÓN DEL INYECTOR PTD, PTD TOPE SUPERIOR.

Antes de desensamblar el inyector, lávelo con disolvente y soplalo con aire comprimido, deben instalarse en un dispositivo de carga antes de desensamblarlos; quite los arosellos del cuerpo y deséchelos.

#### Esta tarea cubre:

- A. El desmontaje
- B. Inspección
- C. Ensamblaje

#### Herramientas que se necesitan:

- El juego de herramientas general del mecánico.
- Tornillo de banco.



- Llave retenedora de copa.
- La llave de cuerpo del Inyector.
- Llave de ajuste del inyector.
- La llave de Contratuerca.
- La llave de torque, 1/2-in.

**Materiales/ partes:**

- Juego de reparación del inyector.
- Solvente de limpieza.
- Limpiador de tela.
- Gasóleo.

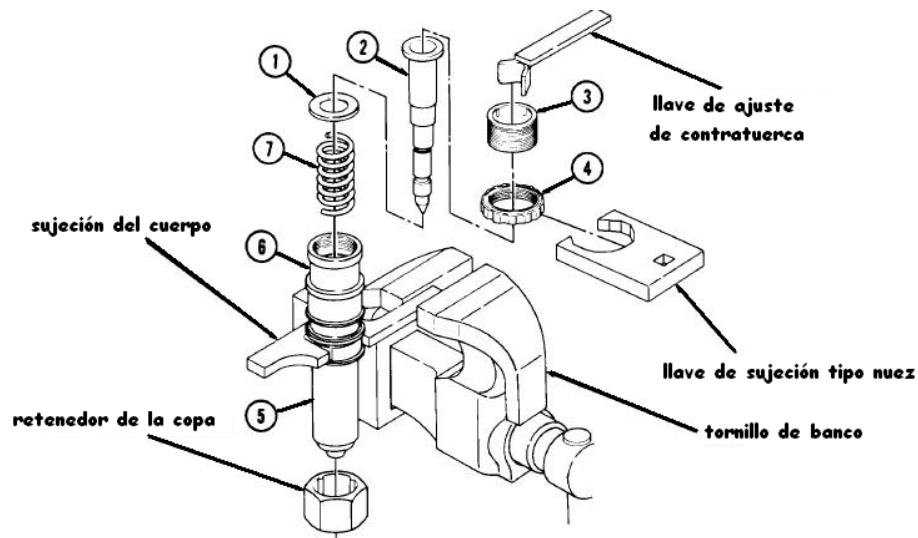
**3.5.1.-DESMONTAJE.**

**Advertencia:** El solvente de limpieza en seco es inflamable y no será utilizado cerca de la llama. Utilice sólo en áreas bien ventiladas. La falta de esto puede tener como resultado la herida al personal.

1 Limpie el exterior de inyector con el solvente de limpieza.

**Nota:** La cuba del inyector y el émbolo son un par ajustado. No intercambie, no toque las partes internas a menos que sean con las manos limpias y humedecidas con gasóleo. El no hacer esto puede tener como resultado el daño al inyector.

2. Instale la llave del cuerpo del inyector en el tornillo de banco, figura 3.11.
3. Deslice el mecanismo en las aéreas planas de la ranura del suministro del combustible del inyector (6) en la llave del cuerpo.
4. Coloque la llave de contratuerca encima de la contratuerca (4) y afloje la contratuerca.
5. Coloque la llave en el tornillo de ajuste (3) y aflójelo.
6. Quite el tornillo (3) y la contratuerca (4) del inyector (6).
7. Quite el émbolo (2) del inyector (6).
8. Quite el tope del resorte (1) y el resorte del émbolo (7) del inyector (6).
9. Usando la llave retenedora de copa, afloje la copa retenedora (5).
10. Quite el inyector (6) y la llave del cuerpo del inyector del tornillo de banco.



**Figura 3.11. Desarmado del inyector.**

**Nota:** Coloque el inyector en una superficie plana, así la copa del retenedor estará hacia arriba. Esto protegerá la copa, la cuba, se debe chequear la caída de la bola del inyector, figura 3.12.

11. Quite la copa retenedora (5) del adaptador (9).
12. Quite la copa del inyector (8) del adaptador (9).
13. Retire la cuba del inyector (13) y el adaptador (9) juntos y asiéntelos en forma vertical en una tela limpia.
14. Incline la cuba del inyector (13) hasta que la bola (11) caída fuera. Separe bola (11).
15. Quite tres arosellos (14) del adaptador (9). Separe los arosellos (14).
16. Quite el anillo retenedor (16) y la cubierta (15) del adaptador (9). Separe el anillo separador (16) y la cubierta (15).

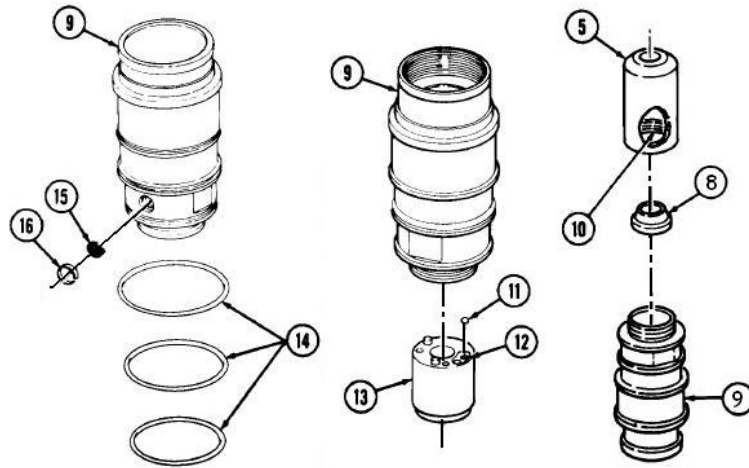


Figura 3.12. Elementos del inyector PT.

### 3.5.2.- INSPECCIÓN.

**Nota:** Los lugares brillantes o el desgaste en el área superior del émbolo, en el lado frontal o en el punto medio, son los resultados normales de la acción de palanca del balancín.

1. Inspeccione el émbolo (2), el muelle (7), y chequee el asiento de bola (12) por grietas, interrupciones, mellas, rebabas, uso excesivo, o rollos desplomados. Reemplace la parte (las partes) con daño.
2. Inspeccione el retenedor (tope) del resorte (1) por grietas, interrupciones, o uso fuerte. Reemplace el retenedor (tope) (1) si esta agrietado, roto, o fracturado.
3. Inspeccione la cuba del inyector (13) por el uso o grietas. Reemplace la cuba (13) y el émbolo (2) si esta desgastado o agrietado.
4. Inspeccione los hilos de la copa retenedora (10) por daño. Reemplace la copa retenedora (5) si está dañado.
5. Inspeccione adentro y fuera del área del cono de la copa retenedora (5) por mellas y rebabas. Reemplace la copa retenedora (5).
6. Inspeccione si hay alguna fisura, figura 3.13.

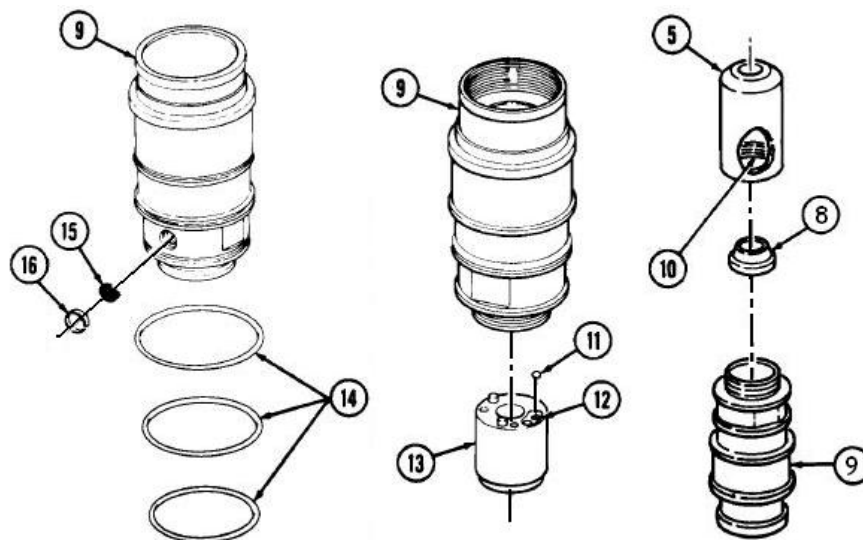
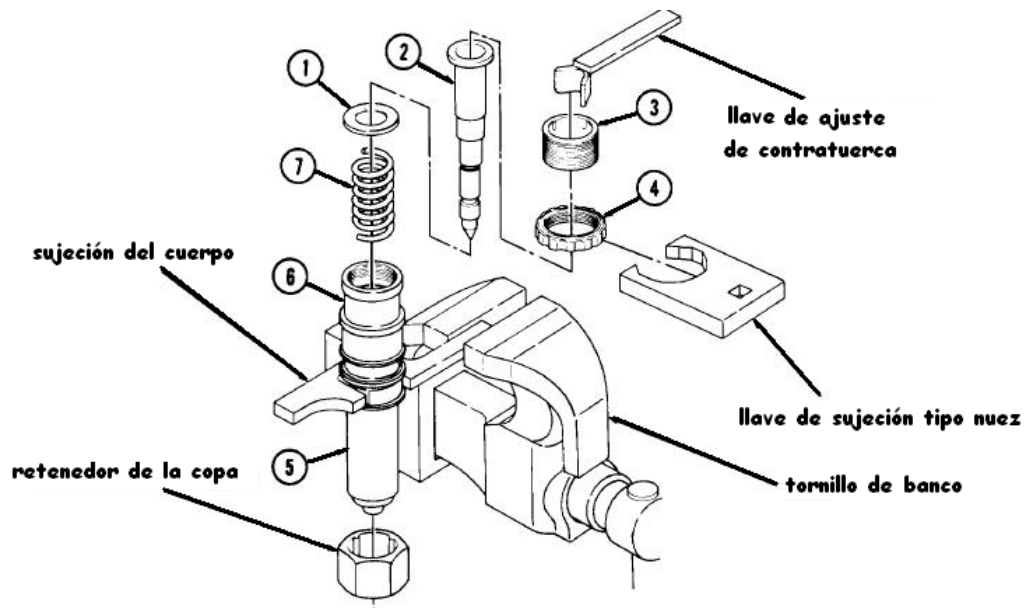


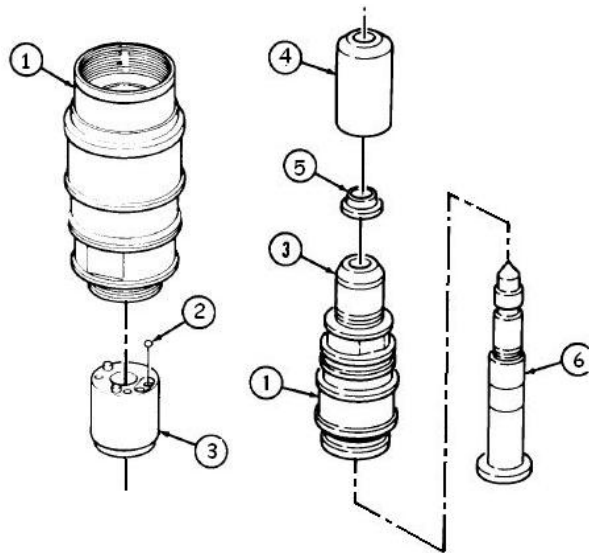
Figura 3.13. Inspección de partes del inyector.

### 3.5.3.- ENSAMBLAJE.

**Precaución:** Lubrique las partes con gasóleo limpio antes del ensamblaje, no utilice aceite. El aceite puede cristalizarse bajo el calor excesivo, causando el daño al inyector.

1. Coloque una nueva bola de chequeo (2) en el barril (cuba) del inyector (3).
2. Coloque el adaptador (1) en el barril (cuba) del inyector (3).

3. Gire el adaptador (1) y el barril del inyector (3) hacia la derecha sobre un trapo limpio y coloque la nueva copa del inyector (5) en la cuba (barril) (3).
4. Instale la copa retenedora (4) en el adaptador (1) y apriete con los dedos, y entonces retroceda 1/4 vuelta, figura 3.14.



**Figura 3.14. Ensamble el inyector.**

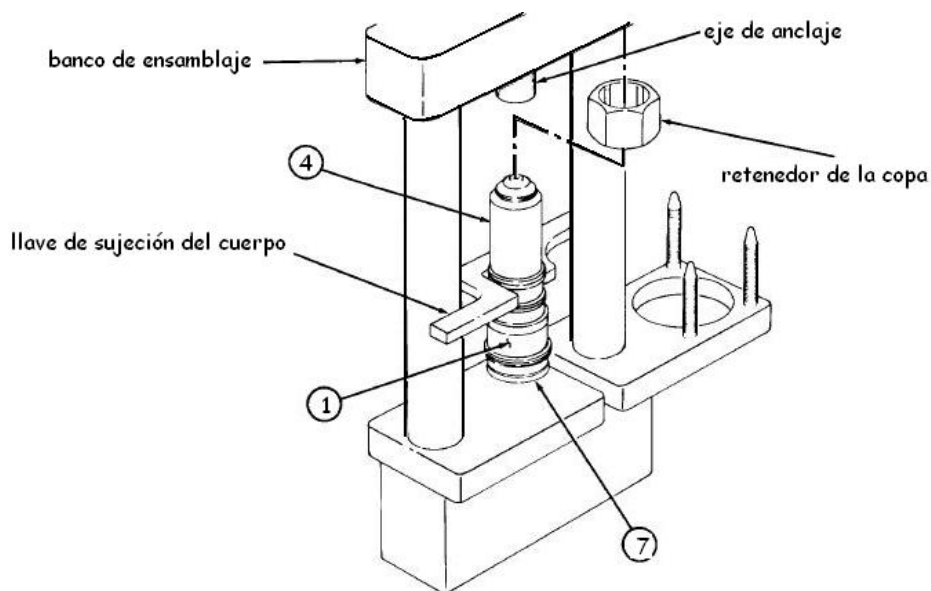
- Cuidado:** El barril del inyector y el émbolo (plunger) son un par ajustado (ajuste de clase). No intercambie. No toque las partes internas a menos que manos sean humedecidas con gasóleo o puede resultar un daño en el inyector.
5. Empape el émbolo (plunger) del inyector (6) con gasóleo e instale en el adaptador (1).
  6. Inserte el inyector (7) en la abertura de carga.
  7. Deslice la llave de cuerpo sobre el plano en el adaptador de inyector (1).
  8. Posicione la llave de la copa retenedora en la copa retenedora (4).
  9. Gire hacia abajo hasta que inyector (7) este seguro.
  10. Asegure en la abertura de carga a 110 lb-in. (12,4 N-m)
  11. Utilice la llave de la copa retenedora, apriete la copa retenedora a (4) 50 lb-p (68 N-M)
  12. Quite el inyector (7) y la llave del cuerpo de la abertura de carga.
  13. Remueva el émbolo (plunger) (6) del inyector (7). Aplique un poco de gasóleo en el émbolo (6) e inserte el émbolo (6) en el inyector (7).

14. Utilizando la palma de la mano, presione el émbolo (6) en el inyector (7) y gire 90°.

**Nota:** Si el émbolo no se desliza fuera del inyector inmediatamente, el inyector debe ser desmontado y debe ser armado otra vez para mejorar la alineación.

15. Gire el inyector (7) para que la copa (5) esté hacia arriba. El émbolo (6) debería deslizarse fuera de inyector (7) inmediatamente.

16. Instale la llave del cuerpo del inyector en el banco de ensamblaje, figura 3.15.



**Figura 3.15. Banco de ensamblaje del inyector.**

17. Deslice las aéreas mecanizadas en la ranura del suministro del combustible del inyector (5) dentro de la llave de cuerpo.

18. Coloque el resorte (6) y el retenedor del resorte (1) en el inyector (5).

19. Instale el émbolo (2) en el inyector (5).

20. Instale la contratuerca (4) y ajuste el tornillo (3) en el inyector (5) con la llave de contratuerca y ajuste. Apriete de la contratuerca (4) 55 lb-ft (75 N-m)

21. Quite el inyector (5) de la llave del cuerpo.

22. Instale tres nuevos arosellos (7) en el inyector (5).

23. Instale nueva cubierta de combustible (9) en el inyector (5) con un nuevo anillo retenedor (8), figura 3.16.

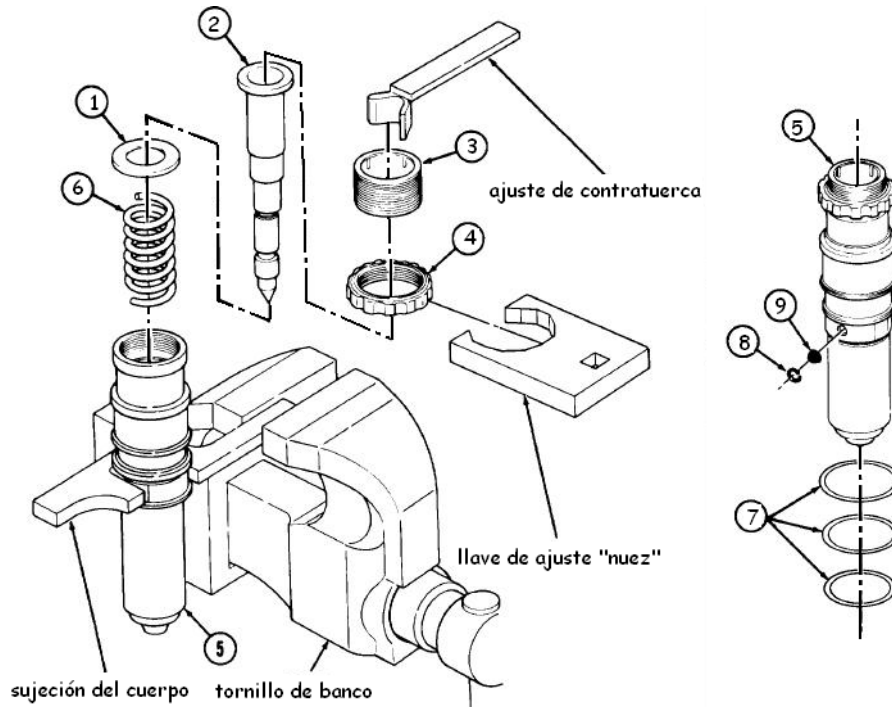


Figura 3.16. Ensamble del inyector PT.

### 3.6.- LIMPIEZA DE LOS INYECTORES PT DE PESTAÑA, PTB, PTC, PTD Y TOPE SUPERIOR.

**La Importancia de Limpieza.** Se requieren gran cuidado y esfuerzo en todos los procedimientos de limpieza. La Presencia de suciedad es una amenaza constante al satisfactorio funcionamiento del inyector.

#### 3.6.1.- PROCEDIMIENTOS PARA LA LIMPIEZA.

1. Limpie todas las partes antes de la inspección, después de la reparación y antes de ensamblar.
2. Las manos deben estar libres de la acumulación de cualquier tipo de grasa o polvo.
3. Después de limpiar todas las partes deben cubrirse o envolverse en plástico, o debe empapelarse para protegerlos del polvo y/o suciedad.

### **3.6.2.- LIMPIEZA DEL LAS PARTES DESMONTADAS.**

1. Limpie todas las partes desmontadas y con un alambre con mucho cuidado quite todos los residuos de grasa.
2. Seque y cubra todas las partes.
3. Inspeccione todas las partes en caso que sea necesario la sustitución de estas.
4. Deben engrasarse todas las partes para evitar la oxidación y luego envolverse.
5. Manténgase unidas todas las partes relacionadas al componente. Nunca mezcle las partes.

**Advertencias:** Los métodos impropios de limpieza y el uso de solventes de limpieza desautorizados pueden dañar el equipo y causar daño al personal.

1. Las superficies internas y externas están sujetas a grasa por lo que se debe utilizar solventes aptos para este tipo de trabajo.
2. Use un cepillo de acero para remover impurezas.
3. Coloque todas las partes del inyector en una cesta y sumérgalas en el disolvente, tal como un limpiador de carburadores. Otro método que se puede usar es la limpieza ultrasónica.
4. Después de haber quitado o aflojado el carbón por uno de los métodos mencionados, enjuague bien las partes en una solución limpia para el lavado de partes.
5. Sople todas las partes con aire comprimido limpio y seco.

### **3.7.- INSPECCIÓN DE PARTES DEL INYECTOR PT DE PESTAÑA.**

La inspección de las partes es uno de los procedimientos más importantes en la reconstrucción y reparación de los inyectores. Como por otra parte, los inyectores más comúnmente usados en los motores son los PTD y PTD tope superior, los procedimientos de inspección correspondientes a los PT de



pestaña, PTD y PTC, serán los que difieran de los procedimientos proporcionados para el PTD.

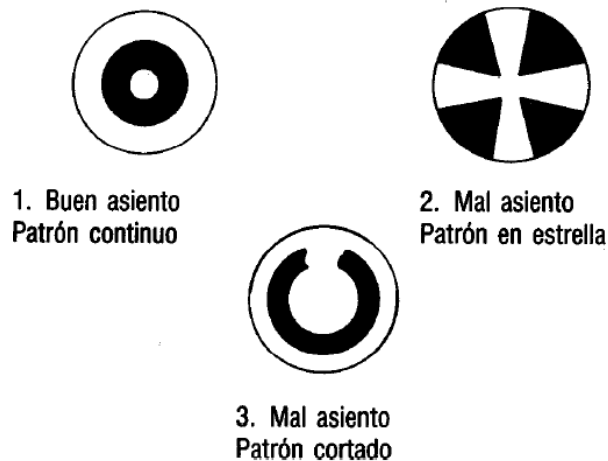
1. Inspeccione las roscas de entrada y salida al cuerpo del inyector observando si están dañadas.
2. Para más procedimientos de inspección, consulte la sección correspondiente a los inyectores PTD.

### **3.8.- INSPECCIÓN DE PARTES DEL INYECTOR PTD Y TOPE SUPERIOR.**

1. Verifique si el barril y el émbolo tiene escoriación; si están muy escoriados, cámbielos.
2. Revise el acoplamiento del émbolo, observando si queda suelto en el punto en donde se le sujeta al émbolo inyector. Si está flojo, cámbielo.
3. Verifique los tapones de orificios del barril, observando si se encuentran sueltos y, si es así, cambie el barril y el émbolo.
4. Compruebe las superficies del barril viendo si tiene mellas o grietas.
5. Verifique el asiento de la bola en el barril, viendo si tiene aspereza y mellas.
6. Si el asiento de la bola de retención muestra señales de aspereza, púlala con una bola de retención vieja, soldada con plata a una varilla de soldar de acero y con compuesto de pulir.
7. Después de pulir la profundidad del asiento de la bola de retención, compruébela insertando la bola en su asiento y midiendo su profundidad, a partir de la superficie del barril. La bola deberá estar entre 0.30 y .055 pulg (.76 y 1.40 mm) de profundidad.
8. Inspeccione el cuerpo del inyector o adaptador, viendo si hay asperezas y mellas en las superficies coincidentes del barril.
9. Si la superficie coincidente del cuerpo está áspera, podrá ser asentada, pero previamente debe desmontar las espigas en espiral.
10. Las espigas en espiral pueden quitarse con una fresa de disco u otra herramienta adecuada

**PRECAUCION:** Hay que ser muy cuidadoso de no dañar la superficie asentada del cuerpo del inyector mientras desmonta las espigas en espiral.

11. Revise las roscas del retén y las roscas de la tuerca de la copa, asegurándose de que se atornillan entre sí fácilmente.
12. Compruebe el número de la copa, para asegurarse de que es la correcta, según el número del ensamble del inyector.
13. Inspeccione la copa del inyector con una lupa, viendo si presenta falta de definición, o perforaciones tapadas o alargadas.
14. Si hay un orificio tapado con carbón, en ocasiones podrá limpiarlo con un alambre de aproximadamente 0.001 pulg (0.025 mm) más pequeño que el orificio. Por ejemplo, si el orificio es de 0.007 pulg (0.178 mm), utilice un alambre para limpieza de 0.006 pulg (0.152 mm)
15. Inspeccione la superficie de asentamiento del émbolo de la copa, viendo si presenta picaduras y ampollas. Cambie si el defecto es excesivo.
16. Si se considera que la superficie de asentamiento del émbolo está en buen estado, revise el contacto entre el émbolo y la copa.
17. Generalmente, el contacto émbolo-copa puede comprobarse observando la copa. Una zona oscurecida en donde el émbolo se pone en contacto con la copa, deberá hacerse visible.
18. Si no se puede determinar el contacto émbolo-copa mediante observación, ponga una pequeña cantidad de compuesto de añil en el émbolo y colóquelo firmemente dentro de la copa del inyector.
19. El contacto del asiento se considera aceptable (figura 3.17), si el émbolo se pone en contacto en un 40 por ciento o más con la copa.



**Figura 3.17. Marcas de contacto del émbolo sobre la copa.**

20. Si no es aceptable el contacto del asiento, no trate de asentar el émbolo y la copa entre sí. Cambie la copa.

### **3.9.- PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAMBLE Y LA CALIBRACIÓN DEL INYECTOR PT.**

#### **3.9.1.- ENSAMBLE DE LOS INYECTORES PTD Y PTD TOPE SUPERIOR.**

Los inyectores de tope superior difieren de los inyectores PTD estándar en que cuentan con una tuerca tope que limita el viaje hacia arriba del émbolo del inyector. Al instalarlos en un motor, esta característica permite que el tren de inyección, las varillas de empuje y los brazos del balancín tengan una mejor lubricación, ya que la presión hacia arriba del resorte del émbolo del inyector se lleva hasta el tope del inyector. Los inyectores **PTD** requieren emplear durante el reensamble un dispositivo especial para la carga. Se recomienda que el desensamble de los inyectores PTD no se intente si no se cuenta con el dispositivo de carga.

1. Asegúrese de que las superficies coincidentes del cuerpo y el barril se encuentran libres de mellas y rayaduras; si no lo están, superpóngalas como antes se indicó en la sección de inspección.
2. Instale el tapón del orificio con empaque nuevo en el cuerpo del inyector.
3. Sujete el barril con el émbolo desmontado e instale la bola de retención.
4. Sumerja el barril en aceite para calibrar.
5. Coloque el cuerpo del inyector en el barril, alineando las espigas de rodillos o las espigas de espirales.
6. Sujetando firmemente unidos al adaptador y al barril, gírelos de manera que el barril esté arriba y colóquelos en el banco de trabajo.
7. Coloque la copa y la tuerca de la copa en el barril del inyector.
8. Recubra la tuerca de la copa con aceite para lubricar e instale la copa en el adaptador.
9. Instale la tuerca apretándola con la mano y, a continuación, vuélvala un poco hacia atrás.

10. Sumerja el émbolo del inyector en aceite para calibrar e instálelo en el cuerpo del inyector, sin resorte.
11. Instale la llave de retención de la copa y el cuerpo del inyector.
12. Coloque el inyector en el dispositivo de carga.
13. Después de instalar el inyector en el dispositivo de carga, apriete la tuerca de la copa a la torsión correcta, utilizando una llave de pata y una llave de torsión.
14. Desmonte el inyector del dispositivo de carga.
15. Compruebe la alineación émbolo-copa en la forma indicada en la sección A, paso 9, separe el émbolo del cuerpo del inyector y agregue una pequeña cantidad de combustible en el cuerpo del inyector.
16. Instale con mucho cuidado el émbolo (sin resorte) en el cuerpo del inyector y empuje rápidamente el émbolo dentro de la copa.
17. El paso 16 indicará si estaban abiertos todos los orificios de la copa, ya que el aceite saldrá por todos ellos si están abiertos. El émbolo debe deslizarse fácilmente cuando se voltea el inyector hacia abajo. Si no lo hace, coloque el inyector en el dispositivo de carga, afloje y vuelva a apretar la copa.
18. Saque el émbolo del cuerpo del inyector, instale el resorte y vuelva a instalarlo en el cuerpo del inyector.
19. El ensamble del inyector está ahora completo, con excepción de la malla de entrada. No instale la malla ahora, porque habrá que quitarla cuando pruebe y calibre al inyector.
20. Si el inyector es de tope superior, el ajuste del tope se hará después de la calibración en un banco de prueba Cummins ST790.

### **3.10.- PROCEDIMIENTO PARA LA PRUEBA Y CALIBRACIÓN DEL INYECTOR.**

La prueba y calibración del inyector debe hacerse después de la revisión general del inyector, con el objeto de lograr una operación correcta, tanto del inyector como del motor, realice las siguientes verificaciones de fugas, si es que no se llevaron a cabo durante la inspección de las partes:

1. Prueba del asiento de la copa al émbolo.
2. Prueba del barril y el émbolo.

### 3. Prueba de fugas de la bola de retención.

Después de que el inyector se haya revisado en cuanto a las fugas y esté listo para calibrarse, consulte la calibración del inyector y las tablas de flujo para obtener el correcto en el inyector.

**NOTA.** Según sea el tipo de calibrador con que se cuente, se utilizan procedimientos diferentes en el montaje y prueba del inyector. Monte el inyector en el calibrador siguiendo las instrucciones que vienen con dicho calibrador. Después de que el inyector se haya montado en el calibrador, hágalo funcionar y compare el flujo con las especificaciones del inyector. Si el flujo del inyector es bajo, tendrá que esmerilar el orificio de entrada para aumentar el flujo. En caso contrario, será necesario instalar uno con un orificio de sobretamaño.

### **3.11.- PROCEDIMIENTO PARA LA INSTALACIÓN Y AJUSTE DEL INYECTOR.**

La instalación correcta de un inyector reconstruido o reacondicionado es vital si se desea que el motor funcione correctamente.

1. Revise los arosellos del inyector, para asegurarse de que no estén rotos o maltratados.
2. Lubrique los arosellos con aceite de motor 30 w.
3. Limpie el asiento del inyector en la cabeza de cilindros con una brocha especial para limpieza y después sóplelo con aire comprimido.
4. Coloque el inyector en la chumacera de cobre de la cabeza de cilindros, con la malla del orificio de entrada hacia el frente del múltiple de escape en los motores en línea, o hacia el centro del motor en V en los motores V-8.
5. Por medio de un desarmador grande u otra herramienta adecuada, colocada en la pestaña del anillo exterior del cuerpo del inyector, introduzca el inyector en su lugar golpeando con la mano el mango del desarmador. Se escuchará un golpe o "clic" cuando el inyector se asiente en la chumacera de cobre.
6. Instale el soporte de retención del inyector.

7. Ponga y apriete los tornillos de la sujeción de 132 a 144 lb-pulg (14.9 a 16.27 N.m) en los motores NH y de 360 a 420 lbs-pulgs (40.6 a 47.4 N.m) en los motores V-8.
8. Coloque la articulación del inyector.
9. Gire el brazo del balancín a su posición y coloque el rodillo de empuje.
10. Instale los tornillos de ajuste del brazo del balancín.

### **3.11.1.- AJUSTE DEL INYECTOR PT.**

Por lo general, las válvulas y los inyectores se ajustan al mismo tiempo y el ajuste correcto es indispensable para tener buen funcionamiento del motor. El ajuste incorrecto de los inyectores influirá en la sincronización de la inyección y la entrega de combustible en las cámaras de combustión y, además, puede producir daños. Los ajustes se suelen realizar con el motor frío.

Antes de empezar los ajustes hay que comprobar que los tornillos de sujeción de los inyectores y los de la cubierta de balancines estén apretados a la torsión especificada para ese motor. Si los tornillos de los inyectores no están apretados, pueden ocurrir fugas de gases de combustión por el asiento de los inyectores. Si los tornillos están pasados de apriete, también ocurrirán daños. Las especificaciones varían según el motor y los inyectores y se deben consultar para hacer cualquier trabajo.

Son tres los métodos comúnmente utilizados para ajustar el inyector en los motores Cummins, dependiendo del tipo de motor, el año de fabricación, el tipo de los inyectores, etc. Estos métodos son:

1. El método de la llave de torsión, utilizado rara vez.
2. El método del indicador de carátula.
3. El método de tope superior utilizado en los inyectores también con tope superior.

#### **3.11.1.1.- Método de la llave de torsión.**

- a. Gire el árbol de levas del motor con la mano, para alinear la marca "VS", la cual aparece en el amortiguador de vibraciones, con la marca del motor.
- b. Con un desarmador grande, gire el tornillo de ajuste del brazo del balancín hasta que llegue el émbolo inyector al fondo del inyector.
- c. Gire el tornillo de ajuste del inyector  $\frac{1}{4}$  de vuelta adicional después de que llegue al fondo, para lograr que todo el combustible diesel haya sido obligado a salir de la copa del inyector.
- d. Afloje el tornillo de ajuste del brazo del balancín del inyector aproximadamente una vuelta.
- e. Utilizando un adaptador de desarmador o una llave de torsión de pulgadas-libras, apriete el tornillo de ajuste del inyector con la torsión.
- f. Apriete la contratuerca del tornillo de ajuste del inyector según las especificaciones.

### 3.11.1.2.- Ajuste De Inyectores Estándar (Sin Tope Superior).

El motor que se ajusta aplicando el método del indicador de carátula, funciona con menos humo en el escape y proporciona más potencia.

Se utiliza un micrómetro de carátula para medir con exactitud la carrera del émbolo del inyector, que es la distancia que el balancín mueve al émbolo hasta que asienta en la copa del inyector. El procedimiento para ajuste es el siguiente:

1. Instálense el micrómetro de carátula y su soporte en la cubierta de balancines con la extensión del micrómetro en contacto con la parte superior del émbolo del inyector que se va a justar, utilice la tabla.

Tabla III.1.

#### POSICIÓN DEL CONJUNTO INYECTOR Y VÁLVULA

La barra en dirección	Posición de la polea	Posición del inyector del cilindro	Posición de las válvulas del cilindro (admisión y escape)
Arranque	A o 1-6 VS	3	5
Avance a	B o 2-5 VS	6	3
Avance a	C o 3-4 VS	2	6
Avance a	A o 1-6 VS	4	2
Avance a	B o 2-5 VS	1	4
Avance a	C o 3-4 VS	5	1

2. Póngase la herramienta giradora en el balancín del inyector para asentar el émbolo; es decir, muévase el balancín hasta que el émbolo asiente en el fondo de la copa.
3. Mientras el émbolo está asentado a fondo, póngase el micrómetro en cero.
4. Suéltese lentamente el balancín y obsérvese la lectura total del micrómetro; compruébese contra las especificaciones para ese motor, por ejemplo, 4.32 mm.
5. Si se necesita ajuste, se lleva a cabo con el tornillo respectivo en el extremo del balancín en que está la varilla de empuje.
6. Después de ajustar, repítanse los pasos 2, 3 y 4 para verificar que esté correcto.

Se debe tener en cuenta que la longitud de la carrera del émbolo no es ajustable, pues se determina según el tipo de motor con la alzada de la leva y la configuración del balancín. Lo que en realidad se verifica es que la carrera del émbolo ocurra en el momento preciso, de modo tal que asiente en forma correcta en la copa al final de la carrera.

Si el inyector está desajustado y la carrera del émbolo ocurre antes de tiempo, éste no asentará en forma correcta o, en casos extremos, no llegará al fondo de la copa del inyector. Si el movimiento del émbolo empieza muy tarde, golpeará contra el fondo de la copa y producirá daños.

El punto en que debe empezar la carrera del émbolo se determina con el micrómetro de carátula. Si no está correcto, el tornillo de ajuste del balancín se aprieta o se afloja para graduar el comienzo de la carrera en el punto determinado con el micrómetro de carátula.

### **3.11.1.3.- Ajuste del inyector con tope superior.**

Difiere del procedimiento de ajuste con indicador de carátula en que el recorrido del émbolo inyector es preajustado cuando ajusta la tuerca en el tope



superior del inyector. Como consecuencia, el ajuste requerido únicamente es el ajuste a juego cero del tren de operación del inyector.

La carrera del émbolo de estos inyectores no se puede ajustar con el inyector instalado en el motor; en este caso sólo se puede hacer un ajuste para una ligera precarga contra la articulación del inyector. La finalidad de la precarga es eliminar toda la holgura en el mecanismo de inyectores. El ajuste se hace en la posición para graduar inyectores descritos en "Posiciones para ajuste, y son las mismas para inyectores estándar o con tope superior.

1. Pónganse las marcas en la polea de accesorios en "A" o en "VS", figura 3.18.

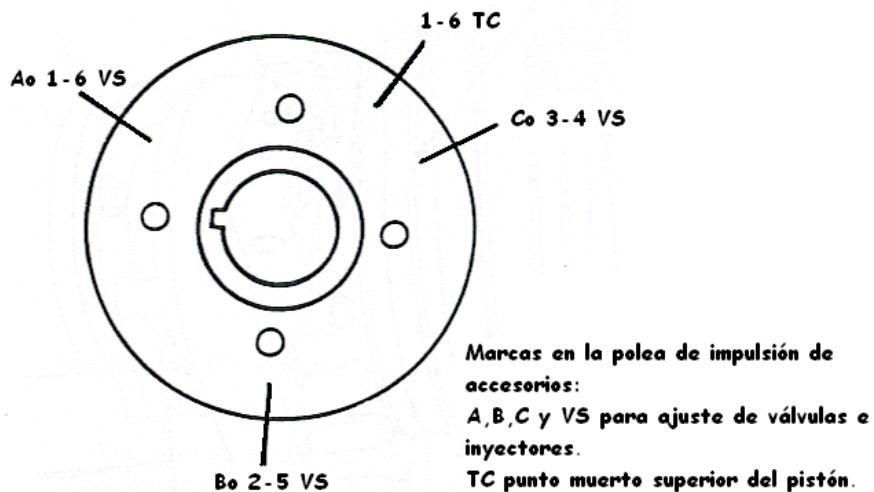


Figura 3.18. Marcas en la polea para el ajuste de inyectores.

2. Determinése el inyector que se va a ajustar.

Tabla III.2.

Posiciones para ajuste de válvulas e inyectores

	Posición de la polea	Ajustar en ese cilindro:	
		Inyector	Válvulas
Empezar	A o 1-6 VS	3	5
Avanzar a	B o 2-5 VS	6	3
Avanzar a	C o 3-4 VS	2	6
Avanzar a	A o 1-6 VS	4	2
Avanzar a	B o 2-5 VS	1	4
Avanzar a	C o 3-4 VS	5	1

Orden de encendido del motor: 1-5-3-6-2-4

3. Afloje la contratuerca y apriétese el tornillo de ajuste en el extremo del balancín hasta eliminar toda la holgura en el mecanismo. Apriétese el tornillo una vuelta adicional para asentar por completo la articulación del inyector.
4. Aflójese el tornillo de ajuste hasta que la arandela que está en la parte superior del resorte en el inyector quede contra el tope superior.
5. Apriétese el tornillo de ajuste con una llave de torsión 0.6 N m. Con esto se aplica una ligera precarga al inyector.
6. Sujétese el tornillo de ajuste en esa posición y apriétese la contractura a la torsión especificada de 55 a 60 N m.

### **3.11.2.- AJUSTE DE LA CARRERA DEL ÉMBOLO.**

Para ajustar la carrera del émbolo en los inyectores de tope superior se requiere desmontarlos del motor.

Se utiliza una herramienta especial para ajustar la carrera, la cual consiste en un dispositivo para sujetar el inyector con un micrómetro de carátula en la parte superior para medir la carrera. El tope superior se ajusta de modo que la carrera del émbolo desde el tope hasta la copa, sea la especificada para ese inyector.

#### **Herramientas que se necesitan:**

- Banco de ajuste para inyectores de tope superior.
- Enlace del émbolo del Inyector.
- Herramienta de ajuste del inyector.
- Llave de contratuerca del Inyector.
- Llave de torque de 3/8-in.

#### **Condición del equipo:**

Los inyectores de combustible deben estar limpios.

## El ajuste:

### Precaución:

Este procedimiento es para inyectores de tope superior. Es utilizado para prevenir la carga excesiva sobre el inyector activado por el sistema y posibles fallas.

1. Coloque el interruptor de peso muerto (2) en la posición ALZADA.
2. Coloque el interruptor de émbolo (3) en la posición de DESCARGA.
3. Gire la perilla de ajuste de presión de aire (1) para ajustar la presión de aire a 77-83 psi (531-572 kPa).
4. Coloque el indicador digimatic, (reloj comparador) (5) e interruptores de energía del prefijador digimatic (4) en la posición ON, figura 3.19.
5. Quite el émbolo (7) del inyector del combustible (8).
6. Instale el resorte compresor (11), el retenedor del resorte (10), y el émbolo (7) en el inyector del combustible (8).
7. Meta el ensamblaje de ajuste (contratuerca) (9) en el inyector del combustible (8) hasta que el ensamblaje de ajuste (contratuerca) (9) haga contacto con el inyector de combustible (8), figura 3.20.

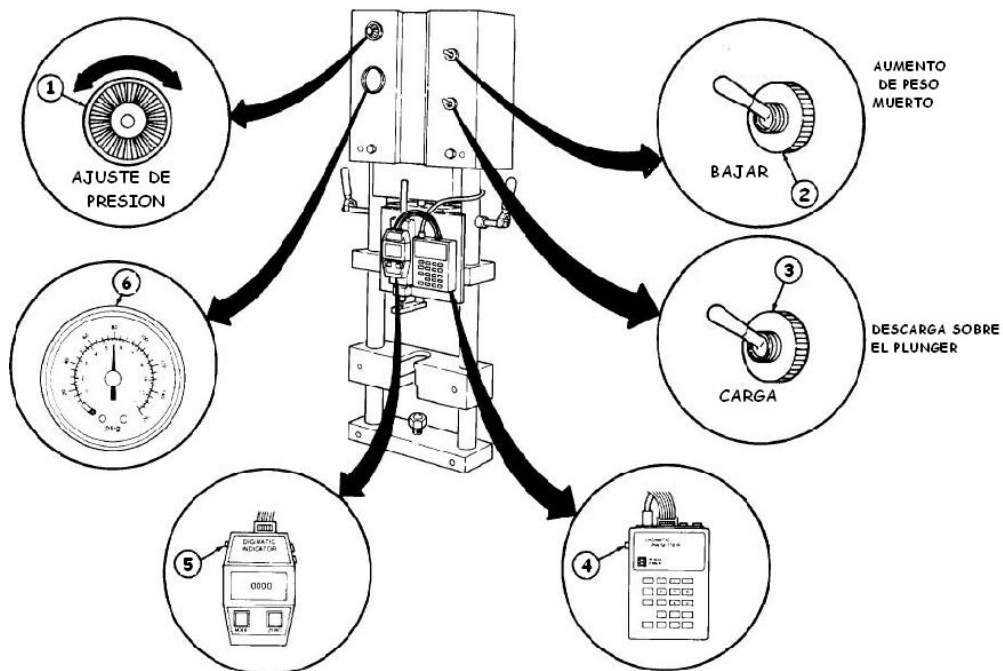
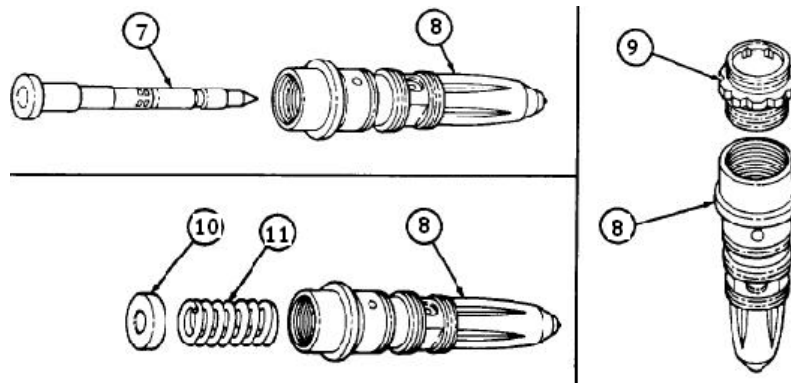
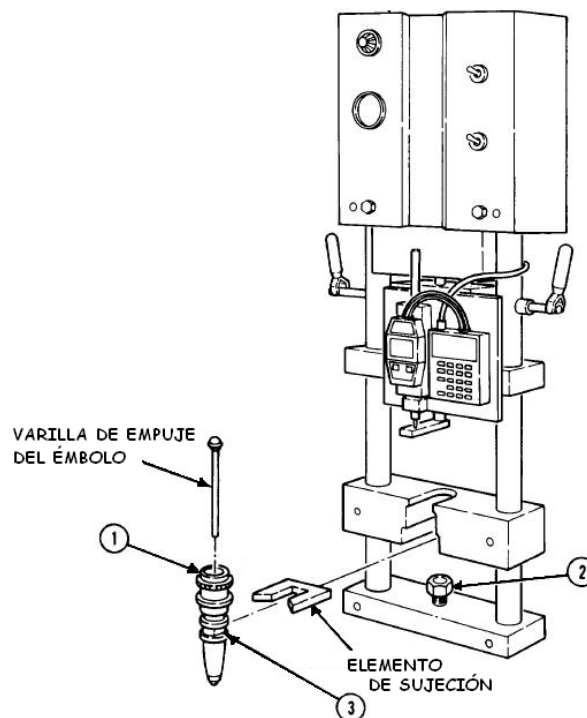


Figura 3.19. Banco de ajuste de inyectores.

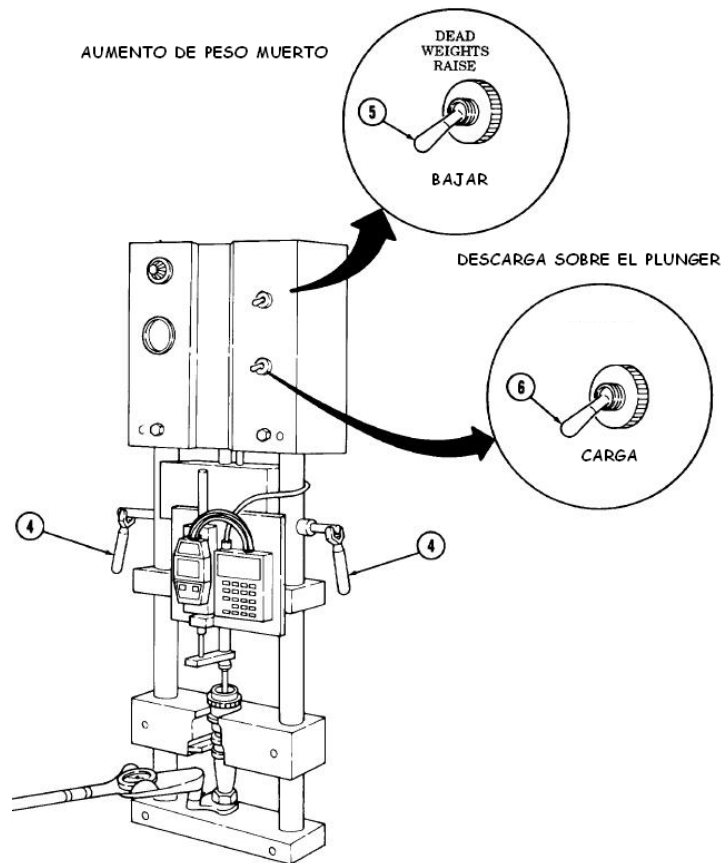


**Figura 3.20. Ensamble del inyector para el ajuste.**

8. Instale en ranuras de suministro de combustible (3) la llave de sujeción del inyector.
9. Instale la conexión de émbolo de inyector (varilla de empuje del émbolo), en el inyector del combustible (1).
10. Instale el inyector de combustible (1) en el banco de ajuste, coloque fijamente y en el centro de la tuerca de paro (2), figura 3.21.
11. Coloque el interruptor de peso muerto (5) en la posición "MAS BAJA".
12. Coloque interruptor de émbolo (6) en la posición de "CARGA", figura 3.22.



**Figura 3.21. Colocación del inyector en el banco de ajuste.**

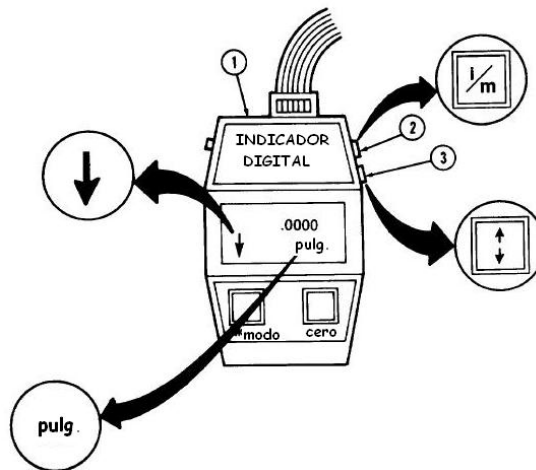


**Figura 3.22. Sujeción del inyector en el banco de ajuste.**

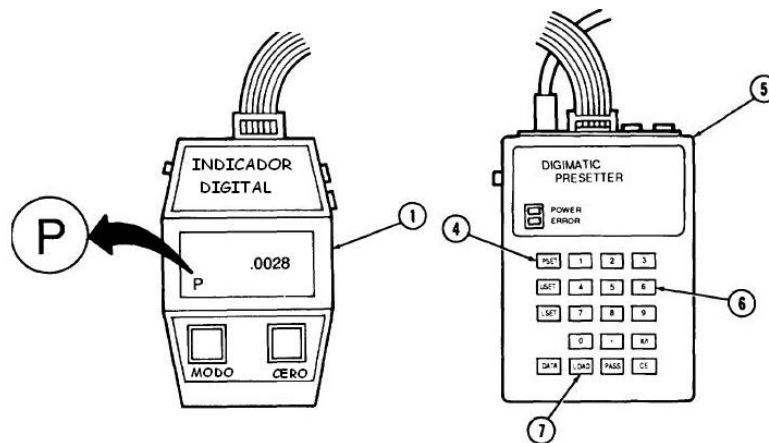
14. Presione el botón selector I/M (pulgada/milímetro) el botón de selector (2) en el indicador digimatic (1) hasta que "ON" sea mostrado, figura 3.23.
15. Presione el botón selector de dirección (3) en el indicador digimatic (1), hasta que se despliegue "↓".
16. Presione el botón PSET (4), ingrese el valor de pre-fijación del top stop usando las teclas de valores numéricos (6) en el pre fijador digimatic (5). Asegúrese que una "P" aparezca en el indicador digimatic, figura 3.24.

**Nota:** Los valores prefijados deben ser indicados en el digitador digimatic antes preceder con la fijación del recorrido del émbolo o una lectura inexacta será tomada para el recorrido del émbolo.

17. Presione el botón de "CARGA" (7) y espere 5 segundos o hasta que el indicador digimatic (1) despliegue "PREFIJAR" o "PRESET", figura 3.24.



**Figura 3.23. Selección de unidades de medida.**



**Figura 3.24. Prefijación de valores en el indicador.**

18. Coloque el interruptor de émbolo (3) en la posición de “DESCARGA”, y tome la lectura del recorrido del émbolo, figura 3.25.

Cuando fije el recorrido del émbolo, el recorrido del émbolo debe igualar el recorrido indicado a 0,0005 pulgadas. (0,0127 mm). Para inyectores que han sido quitados de un motor o verificados de un banco a otro, la tolerancia de rechequeo de campo es +- 0,0030 pulg., 0,0762 mm. del nominal.

Realice los pasos 19 y 20 si el recorrido del émbolo es incorrecto.

19. Utilizando la herramienta de ajuste, gire la tuerca del tope superior (1) en el inyector del combustible (2) hasta que la lectura del recorrido sea correcta, figura 3.25.

20. Usando la llave de la contratuerca, aprieta la contratuerca de inyector (4) 55 ft-lb (75 N-m), figura 3.26.

**Nota:** Reexamine el recorrido del émbolo otra vez para asegurar que no cambió cuando la contratuerca del inyector del tope superior fue torquada.

Realice los pasos del 21 al 24 para chequear reexaminar el recorrido del émbolo.

21. Coloque el interruptor del émbolo (3) en la posición de “CARGA”.

22. Presione el botón “PSET” (7) en el presetter de digimatic (5). Asegúrese que una "P" aparezca en la pantalla.

23. Presione el botón de “CARGA” (6) en el prefijador digimatic (5), para desplegar los valores prefijados en el digitador digimatic (8).

24. Coloque el interruptor del émbolo (3) en la posición de “DESCARGA” y tome la lectura del recorrido del émbolo. Repita los pasos 19 y 20 para ajustar la tuerca del tope superior (1) si el recorrido del émbolo está incorrecto.

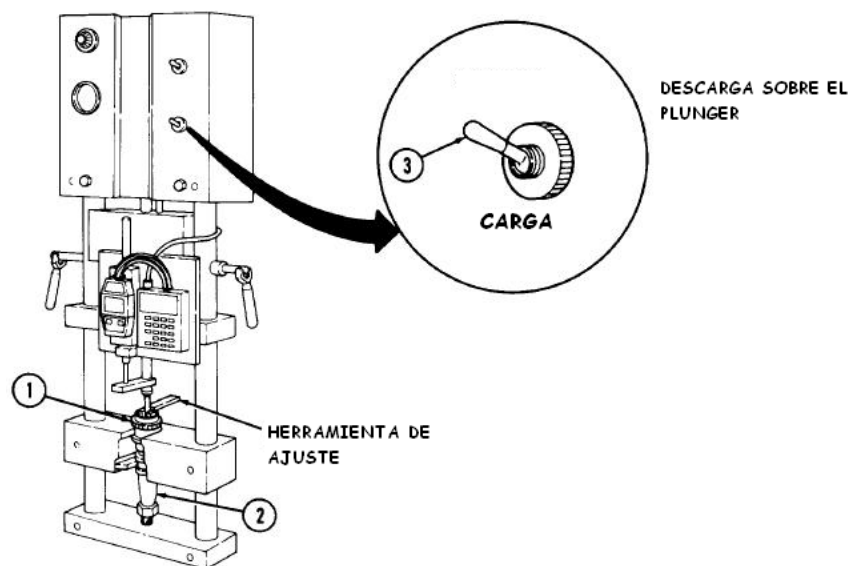
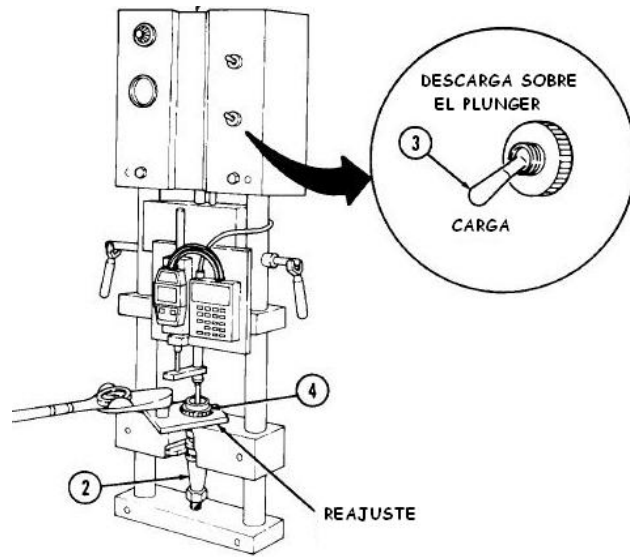
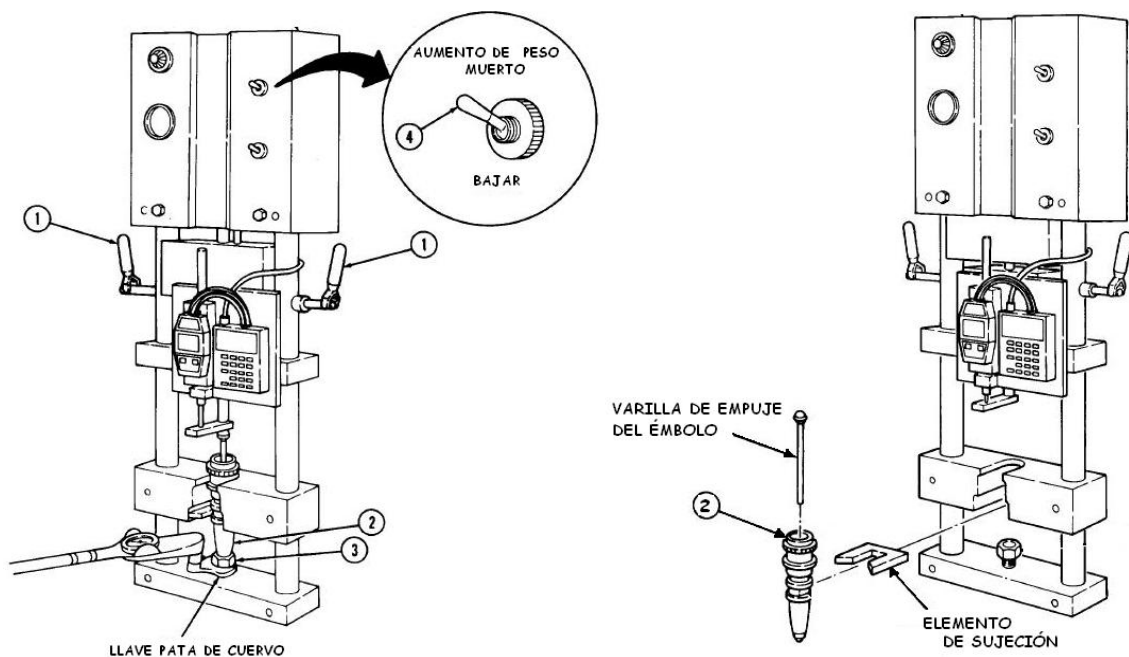


Figura 3.25. Ajuste de la tuerca de tope superior.



**Figura 3.26. Apriete de la contratuercas del inyector.**

25. Coloque el interruptor de peso muerto (4) en la posición de AUMENTO.
26. Levante las manijas (1) para levantar el peso muerto.
27. Utilizando la llave de torque, afloje la tuerca de parada (3) y quite el inyector de combustible (2) de la instalación del banco de ajuste, figura 3.27.
28. Quite el soporte del cuerpo del inyector y la conexión del émbolo del inyector del combustible (varilla de empuje) (2).



**Figura 3.27. Desmontaje del inyector del banco de ajuste.**



### **3.12.- AJUSTE DE LA SINCRONIZACIÓN DEL INYECTOR CUMMINS EN EL MOTOR.**

La sincronización del inyector deberá revisarse y ajustarse si se cambia lo siguiente: árbol de levas, engrane de sincronización, empaque de la caja de seguidores de leva, seguidores de leva o caja de los mismos.

#### **3.12.1.- INDICADOR DE CARÁTULA DE LA POSICIÓN DEL PISTÓN (TDC), PUNTO MUERTO.**

1. Instalar el dispositivo de sincronización y apretar con la mano los adaptadores. Introducir la varilla del émbolo en el casquillo de la varilla de empuje y deslizar la abrazadera del rodillo del pistón hasta que el resorte quede comprimido aproximadamente 0.50 pulg (12.7 mm). Alinear el reborde del soporte del émbolo de la varilla de empuje con las marchas señaladas en el dispositivo.

**PRECAUCIÓN:** La varilla de empuje del árbol de levas deberá estar en posición hasta adentro del movimiento libre, lo más cerca posible a su ángulo normal de operación. Para lograr precisión en la sincronización de la inyección, la varilla de empuje no debe estar unida.

2. Girar el cigüeñal en la dirección de rotación del motor hasta que las dos varillas del émbolo del dispositivo de sincronización se muevan hacia arriba juntas. Lo anterior asegura que el motor se encuentre en la carrera de compresión.

3. Continuar dando vuelta al cigüeñal hasta que la varilla del pistón llegue a su posición más alta de recorrido.

4. Colocar el indicador de carátula del pistón sobre la varilla del émbolo en su estado de máxima compresión, elevándola a continuación .025 pulg de recorrido y sujetándola en este lugar. El recorrido de .025 pulg protege la varilla del émbolo contra la posibilidad de que el indicador llegue a la parte baja.

5. Girar el cigüeñal hacia atrás y hacia adelante mientras se observa el movimiento de la aguja del indicador. Girar el cigüeñal en dirección de giro del motor hasta que el movimiento de la aguja se detenga, figura 3.28.

6. Poner en cero el indicador ajustando el anillo exterior y asegurándolo en ese lugar.

7. Repetir la anterior etapa varias veces hasta lograr precisión en el punto muerto superior.

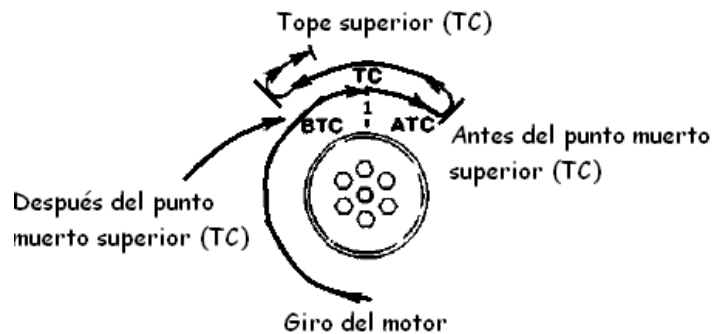


Figura 3.28. Giro del cigüeñal para el ajuste de inyectores.

### 3.13.- SINCRONIZACIÓN MECÁNICA VARIABLE.

Para cumplir ciertas exigencias en cuanto a las emisiones, algunos motores Cummins se han equipado con dispositivos de sincronización variable, de manera que la sincronización del motor puede cambiarse automáticamente mientras éste se halla funcionando. La sincronización mecánica variable se usa en los motores de 855 pulgadas cúbicas de seis cilindros en línea, mientras que la sincronización hidráulica variable se utiliza en los motores V-8 y de 1150 pulgadas cúbicas.

Los cambios en sincronización pueden reducir considerablemente las emisiones del escape. En la mayoría de los casos, el avance en la sincronización aumenta los óxidos de nitrógeno en la salida del motor, mientras que el retardo de la sincronización aumenta los hidrocarburos. Una situación ideal de sincronización consistiría en mantener tanto los óxidos de nitrógeno como los hidrocarburos al nivel más bajo posible para cualquier carga y velocidad determinadas.

El dispositivo mecánico de sincronización variable consiste en un excéntrico que va incluido en el eje de los seguidores de leva, una cremallera y un piñón

con un cilindro de aire para actuar o mover el eje, de manera que pueda cambiarse la sincronización automáticamente, así como una válvula solenoide de tres direcciones, que controla el suministro de aire al cilindro de aire. En el arranque inicial del motor, un resorte en el cilindro de aire coloca al excéntrico en la posición de retardo. Con el motor ya en marcha y con la presión de aire elevándose, el cilindro en movimiento supera al resorte y mueve al excéntrico hacia la posición de avance.

El solenoide de tres conductos recibe su potencia eléctrica por conducto de un interruptor de presión, el cual va inserto en el tubo del múltiple de presión de combustible. Mientras la presión se mantiene por debajo de un valor predeterminado (aproximadamente 25 % de carga), se suministra potencia a la válvula solenoide, manteniéndola abierta, permitiendo que fluya aire hacia el cilindro en movimiento.

Cuando la presión del combustible excede el valor predeterminado, el circuito eléctrico de la válvula solenoide se abre y el suministro de aire que va al cilindro en movimiento se cierra. El resorte dentro del cilindro mueve entonces al pistón del mismo a la posición de retardo. La purga de aire se regula mediante un orificio en la salida del cilindro, para evitar un cambio precipitado en la sincronización.

### **3.14.- CICLO DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE.**

En la figura se ilustra el perfil de la leva que acciona el inyector y se muestran las acciones del émbolo del inyector que ocurren durante el ciclo de inyección como consecuencia de la rotación de la leva. Se verá que la leva tiene la parte alta de su perfil (parte superior de la ilustración) unida con la parte inferior de su perfil con una rampa en cada lado. Cuando la leva gira para mover el seguidor de leva hacia arriba en la rampa, el émbolo del inyector se moverá hacia abajo para asentar en la copa e inyectar el combustible en la cámara de combustión. Cuando el seguidor baja por la rampa a la parte inferior

del perfil de la leva, el émbolo se moverá hacia arriba y se enviará una cantidad medida de combustible hacia la copa.

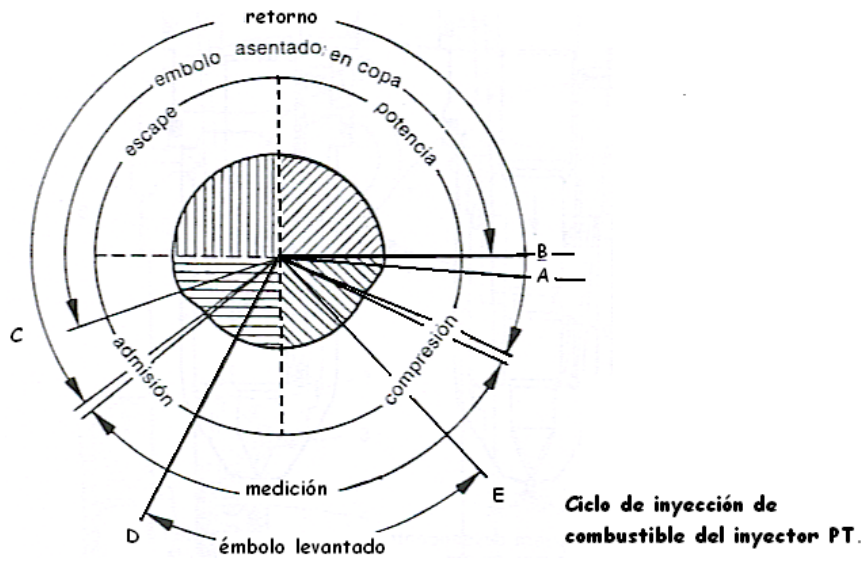
La leva gira hacia la derecha vista desde la parte posterior del motor; en el diagrama hay que seguir su movimiento en dirección a la izquierda. La leva es parte del árbol de levas y gira a la mitad de la velocidad del cigüeñal.

La leva del diagrama se ha dividido en cuatro cuadrantes para señalar los cuatro tiempos del motor (potencia, escape, admisión y compresión) y el ciclo de inyección se puede ver en relación con el funcionamiento del motor.

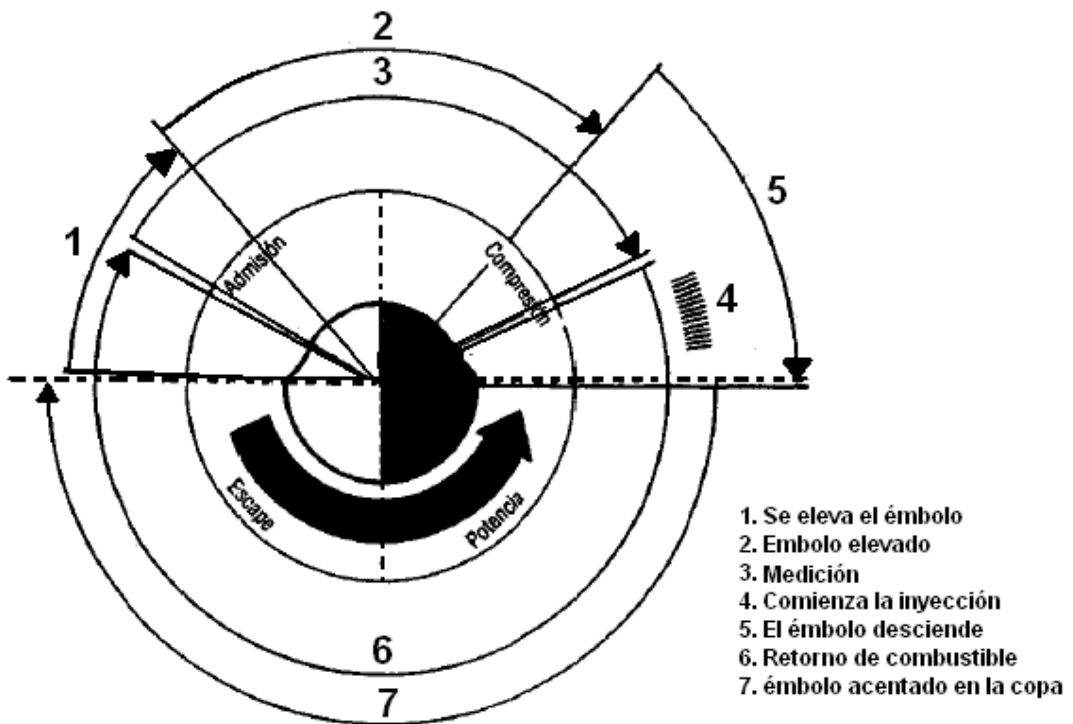
Empezando en el punto A) del diagrama, la inyección comienza antes del PMS en la carrera de compresión y sigue hasta B) en donde concluye. En este momento, el émbolo del inyector ha asentado en la copa del inyector y el pistón está en su carrera de potencia. Desde B) hasta C) es la parte alta de la leva, con lo que el émbolo permanece asentado en la copa durante las carreras de potencia y escape. El combustible circula por el inyector pero se desvía de la copa, lo cual se indica como "retorno" en el diagrama (figura 3.29).

Entre (C) y (D), el seguidor baja por la rampa hasta la parte inferior de la leva. Con ello, el émbolo sube en el inyector, se abre el orificio de medición y habrá una entrada medida del combustible hacia la copa. Entre (D) y (E), el émbolo permanecerá en su posición superior con el orificio de medición abierto hasta que en (E) el impulsor empieza a subir por la rampa hasta la parte alta de la leva; con ello, el émbolo se moverá hacia abajo.

Después del punto (E), el émbolo cerrará el orificio de medición; se aplicará presión al combustible en la copa y la inyección empezará en (A), con lo cual concluye el ciclo de inyección, figuras 3.30, 3.31, 3.32.



**Figura 3.29. Ciclo de inyección de combustible.**



**Figura 3.30. Ciclo de inyección básico.**

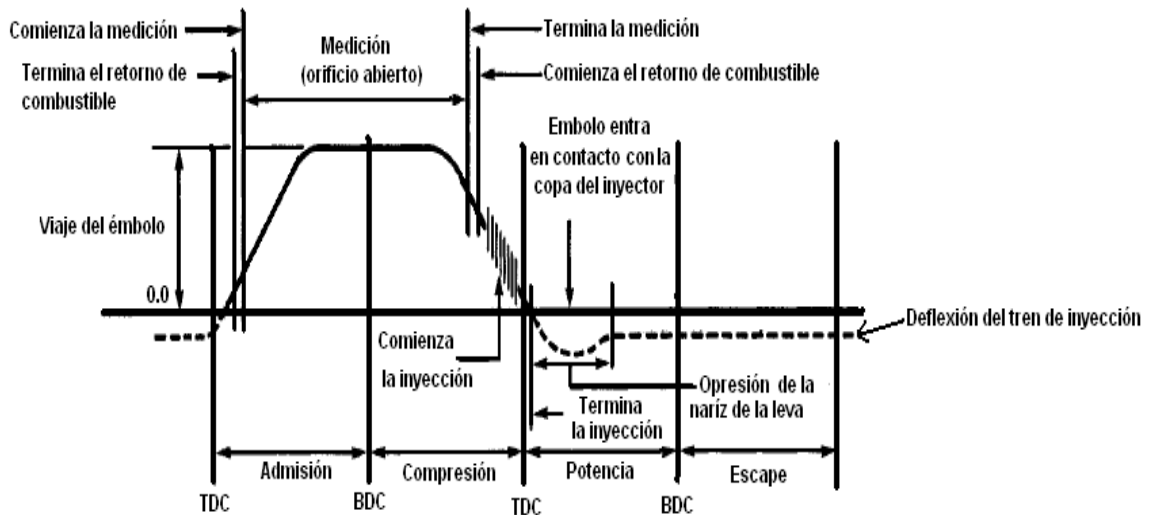


Figura 3.31. Diagrama de trabajo del émbolo.

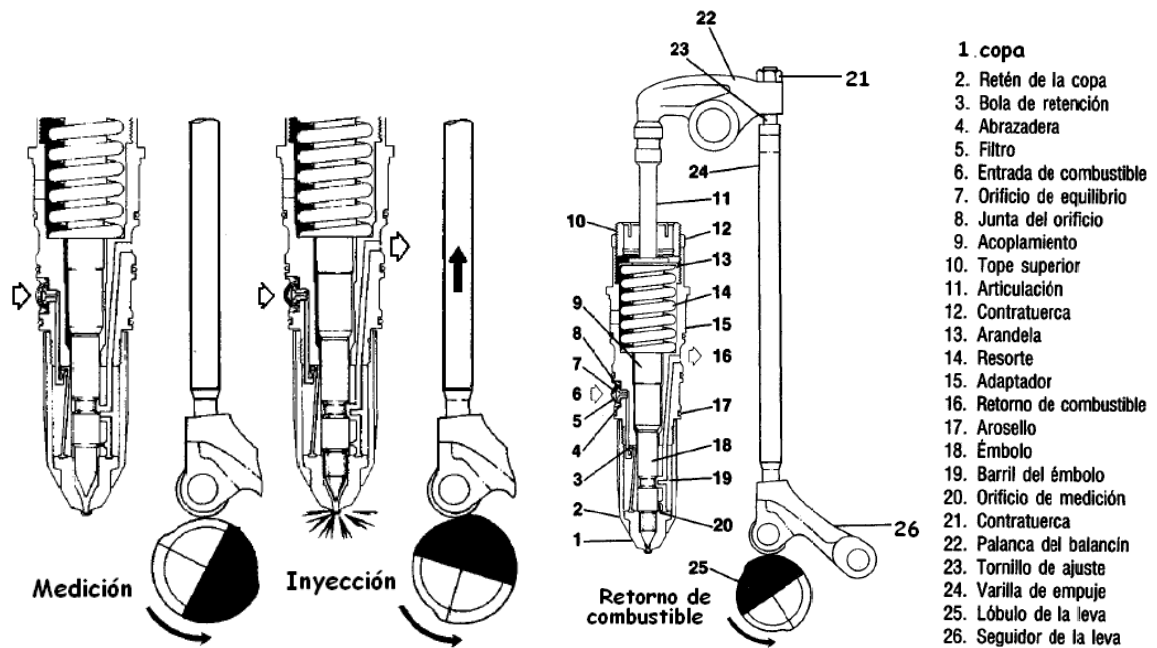


Figura 3.32. Trabajo del inyector.

### 3.15.- LOCALIZACIÓN DE AVERÍAS EN EL INYECTOR CUMMINS PT.

#### 3.15.1.- EN EL BANCO DE PRUEBA.

Asegúrese de que el banco de prueba esté en buen estado antes de culpar al inyector.

1. Si el inyector no entrega combustible, determine cuál de los siguientes elementos no está bien limpio:
  - a. Orificio de equilibrio.
  - b. Orificio de restricción.
  - c. Conductos del cuerpo del inyector.
2. Si la entrega del inyector es baja, revise los elementos siguientes:
  - a. El tamaño del orificio de equilibrio.
  - b. El buen funcionamiento de los orificios de la copa del inyector.
  - c. El estado del émbolo inyector y del cuerpo.
3. Si la entrega del inyector es elevada, determine cuál de los siguientes puntos ocasiona el problema:
  - a. Orificio de equilibrio demasiado grande.
  - b. Presión de entrada demasiado alta (debe estar a 120 lb/pulg<sup>2</sup> o 8.4 kg/cm<sup>2</sup>).

### **3.15.2.- EN EL MOTOR.**

Un inyector que falla se puede localizar manteniendo hacia abajo el brazo del balancín del inyector mientras el motor está operando. Al atrancar o mantener hacia abajo un inyector, observe si la operación del motor cambia. Si lo hace, es probable que el inyector se encuentre trabajando bien. Si la operación del motor no cambia, el inyector está fallando.

1. Si el cilindro en que se encuentra el inyector está fallando, revise las siguientes posibles causas:
  - a. El ajuste del inyector.
  - b. La condición de operación del inyector y del orificio.
2. Si el inyector se pega en la posición baja, revise lo siguiente:
  - a. La torsión correcta de la contratuerca de sujeción inferior del inyector.
  - b. La correcta alineación de la copa del inyector con el cuerpo.
3. Si hay humo excesivo en el motor, una de las causas siguientes puede ser la razón:
  - a. Los orificios de la copa están tapados, por lo tanto, desmonte el inyector y limpie o cambie las copas.
  - b. Un mal ajuste del brazo del balancín del inyector.

### **3.16.- SERVICIO A LOS INYECTORES.**

Si se tiene el equipo especial, los inyectores se pueden desarmar, limpiar inspeccionar y probar. Para desarmar el inyector, se sacan el émbolo y el resorte. En los de tope superior, se desenrosca éste para sacar el émbolo.

Se monta el inyector en un dispositivo de sujeción para poder destornillar el retén de la copa en el adaptador, mediante una llave especial que ajusta en las ranuras del inyector. Con ello, se liberan el barril y la copa en el adaptador. El barril y el émbolo del inyector son de ajuste intercalado con los orificios de los inyectores.

Las piezas del inyector se remojan en disolvente para eliminar el carbón y el barniz. En la copa del inyector no se deben emplear cepillos ni instrumentos metálicos. Se inspeccionan todas las piezas; se determina si el émbolo y el barril están decolorados por el calor o si tienen desgaste y excoiraciones. El resorte se examina en un probador para determinar su longitud comprimida con la carga especificada.

El inyector se arma en el dispositivo de sujeción y se prueba a fin de determinar si hay escurrimiento y el patrón de atomización.

Los inyectores reconstruidos se instalan en un probador para la prueba de flujo, que incluye medir la entrega de combustible.

El inyector se hace funcionar en condiciones controladas que simulan su funcionamiento en el motor; el probador sirve para contar las carreras de inyección, suministra el combustible a la presión especificada y tiene probetas graduadas para medir la entrega de combustible.



## **IV. CAPÍTULO**

### **SISTEMA ELECTRÓNICO**

#### **4.1.- EI PIC 16F877.**

##### **4.1.1.- MICROCONTROLADOR.**

Se denomina microcontrolador a un dispositivo programable capaz de realizar diferentes actividades que requieran del procesamiento de datos digitales y del control y comunicación digital de diferentes dispositivos.

Los microcontroladores poseen una memoria interna que almacena dos tipos de datos; las instrucciones, que corresponden al programa que se ejecuta, y los registros, es decir, los datos que el usuario maneja así como registros especiales para el control de las diferentes funciones del microcontrolador.

Los microcontroladores poseen principalmente una ALU (Unidad Lógico Aritmética), memoria del programa, memoria de registros, y pines I/O (entrada y/o salida).

La ALU es la encargada de procesar los datos dependiendo de las instrucciones que se ejecuten (ADD, OR, AND), mientras que los pines son los que se encargan de comunicar al microcontrolador con el medio externo; la función de los pines puede ser de transmisión de datos, alimentación de corriente para el funcionamiento de este o pines de control específico.

Bajo el nombre de esta subfamilia de microcontroladores, actualmente encontramos cuatro modelos: EL PIC 16F873/4/6 y 7. Estos microcontroladores disponen de una memoria e programa FLASH de 4 a 8 KBytes de 14 bits,

considerablemente superior frente al PIC 16F84 en el que solo disponíamos de 1 Kbyte y de 14 bits.

El microcontrolador PIC16F877 de Microchip pertenece a una gran familia de microcontroladores de 8 bits (bus de datos) que tienen las siguientes características generales que los distinguen de otras familias:

- Arquitectura Harvard
- Tecnología RISC
- Tecnología CMOS

Estas características se conjugan para lograr un dispositivo altamente eficiente en el uso de la memoria de datos y programa y por lo tanto en la velocidad de ejecución.

Microchip ha dividido sus microcontroladores en tres grandes subfamilias de acuerdo al número de bits de su bus de instrucciones tabla IV.1.

**Tabla IV.1. Características de subfamilias de microcontroladores.**

<b>Subfamilia</b>	<b>instrucciones</b>	<b>nomenclatura</b>
Base - Line	33 instrucciones de 12 bits	PIC12XXX y PIC14XXX
Mid – Range	35 instrucciones de 14 bits	PIC16XXX
High - End	58 instrucciones de 16 bits	PIC17XXX y PIC18XXX

De los microcontroladores indicados, el 16F873 y el 16F876 son de 28 pines, mientras que 16F874 y el 16F877 tiene 40 patillas, lo que les permite disponer de hasta 33 líneas de E/S. En su arquitectura además incorporan:

- Varios Timers Bus 12C USART.

En la Tabla IV.2 se muestran las características comparativas más relevantes de esta familia de microcontroladores:

**Tabla IV.2. Características comparativas de los microcontroladores.**

Características	16F873	16F874	16F876	16F877
Frecuencia Máxima	DC-20Mhz	DX-20Mhz	DX-20Mhz	DX-20Mhz
Memoria de programa FLASH Palabra de 14 bits	4KB	4KB	8KB	8KB
Posiciones RAM de datos	192	192	368	368
Posiciones EEPROM de datos	128	128	256	256
Ports E/S	A, B y C	A, B, C y D	A, B y C	A, B, C y D
Nº de Pines	28	40	28	40
Interrupciones	13	14	13	14
Timers	3	3	3	3
Comunicaciones Serie	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Comunicación Paralelo	-	PSP	-	PSP
Líneas de entrada en Convertidor A/D de 10 bits	5	8	5	8
Juego de Instrucciones	35 instrucciones	35 instrucciones	35 instrucciones	35 instrucciones
Longitud de la instrucción	14 bits	14 bits	14 bits	14 bits

#### **4.1.2.- CARACTERÍSTICAS DEL PIC 16F877.**

- Soporta modo de comunicación serial, posee dos pines para ello.
- Amplia memoria para datos y programa.
- Memoria reprogramable: La memoria en este PIC es la que se denomina FLASH; este tipo de memoria se puede borrar electrónicamente (esto corresponde a la "F" en el modelo).
- Set de instrucciones reducidas (tipo RISC), pero con las instrucciones necesarias para facilitar su manejo.
- Empaquetado (desde 8 patitas hasta 68 patitas)
- Tecnología de la memoria incluida (EPROM, ROM, Flash)
- Voltajes de operación (desde 2.5 v. Hasta 6v)
- Frecuencia de operación (Hasta 20 Mhz).

#### **Características Periféricas.**

- Timer0: 8-bit timer/counter con 8-bit prescaler.
- Timer1: 16-bit timer/counter con prescaler, que puede ser incrementado durante el modo SLEEP vía reloj externo.
- Timer2: 8-bit timer/counter con registro de período de 8-bit, prescaler y postscaler.
- Dos módulos Capture, Compare, PWM
- PWM máx. resolución: 10-bit
- Convertidor Analógico a Digital de 10-bit
- Synchronous Serial Port (SSP) con SPI (Master mode) e I2C (Master/Slave)
- Parallel Slave Port (PSP) de 8-bits de ancho, con controles externos de RD, WR y CS (solo 40/44-pin).
- Brown-out detection circuitry para Brown-out Reset (BOR)

En la tabla IV.3 damos a conocer las principales características del PIC 16F877 mediante la cual podemos entender de mejor manera el como programar este tipo de microcontroladores además manejarlo correctamente.

**Tabla IV.3 Características del PIC 16 F877.**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>16F877</b>
Frecuencia máxima	DX-20MHz
Memoria de programa flash palabra de 14 bits	8KB
Posiciones RAM de datos	368
Posiciones EEPROM de datos	256
Puertos E/S	A,B,C,D,E
Número de pines	40
Interrupciones	14
Timers	3
Módulos CCP	2
Comunicaciones Serie	MSSP, USART
Comunicaciones paralelo	PSP
Líneas de entrada de CAD de 10 bits	8
Juego de instrucciones	35 Instrucciones
Longitud de la instrucción	14 bits
Arquitectura	Harvard
CPU	Risc
Canales Pwm	2
Pila Harware	-
Ejecución En 1 Ciclo Máquina	-

#### **4.1.3.- ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA.**

Existen tres bloques de memoria dentro de un PIC16F87X. La memoria de programa y la memoria de datos tienen buses separadas por lo que es posible el acceso a las mismas en forma concurrente. El tercer bloque de memoria es la memoria de datos EEPROM.

#### **4.1.4.- ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA DE PROGRAMA.**

El dispositivo PIC16F87X tiene un programa counter de 13-BIT capaz de direccionar 8K x 14 direcciones de memoria. Los dispositivos PIC16F877/876 tienen 8K x 14 palabras de FLASH programa memory y los dispositivos.

#### **4.1.5.- ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA DEL PIC.**

Los PIC tienen dos tipos de memoria: Memoria de Datos y Memoria de programa, cada bloque con su propio bus: Bus de datos y Bus de programa; por lo cual cada bloque puede ser accesado durante un mismo ciclo de oscilación. La Memoria de datos a su vez se divide en:

- Memoria RAM de propósito general
- Archivo de Registros (Special Function Registers (SFR))

#### **4.1.6.- LA MEMORIA DE PROGRAMA.**

Los PIC de rango medio poseen un registro Contador del Programa (PC) de 13 bits, capaz de direccionar un espacio de 8K x 14, como todas las instrucciones son de 14 bits, esto significa un bloque de 8k instrucciones. El bloque total de 8K x14 de memoria de programa está subdividido en 4 páginas de 2K x 14.

#### **4.1.7.- EL CPU.**

- Tecnología RISC.
- Posee 35 instrucciones.
- Todas las instrucciones se ejecutan en un ciclo de reloj, excepto los saltos que requieren dos.
- Frecuencia de operación de 0 a 20 MHz (200 seg. de ciclo de instrucción).
- Opciones de selección del oscilador.

#### 4.1.8.- LA MEMORIA.

- Hasta 8k x 14 bits de memoria Flash de programa.
- Hasta 368 bytes de memoria de datos (RAM).
- Hasta 256 bytes de memoria de datos EEPROM.

#### 4.1.9.- EL OSCILADOR.

Los PIC de rango medio permiten hasta 8 diferentes modos para el oscilador. El usuario puede seleccionar alguno de estos 8 modos programando 2 bits de configuración del dispositivo denominados: FOSC1 y FOSC0, ubicados en un registro especial de configuración en la localidad 2007H.

Tabla IV.4 configuración del dispositivo FOSC1 y FOSC0.

FOSC1	FOSC0	Modo de operación del oscilador
0	0	LP Baja frecuencia (y bajo consumo de potencia)
0	1	XT Cristal / Resonador cerámico externos, (Media frecuencia)
1	0	HS Alta velocidad (y alta potencia) Cristal/resonador
1	1	RC Resistencia / capacitor externos

#### 4.1.10.- DIAGRAMA DE PINES.

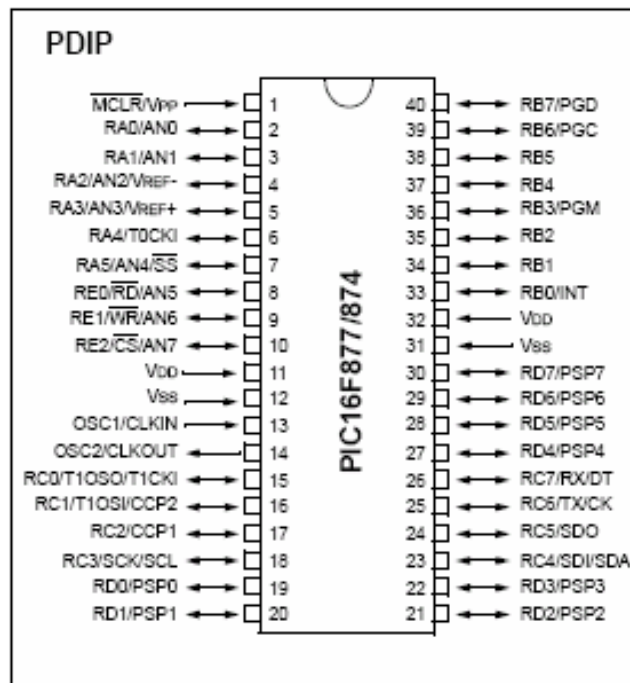


Figura 4.1. Diagrama de pines del PIC 16F877.

#### 4.1.11.- DESCRIPCIÓN DE LOS PUERTOS.

##### **Puerto A:**

- Puerto de e/s de 6 pines.
- RA0 è RA0 y AN0.
- RA1 è RA1 y AN1.
- RA2 è RA2, AN2 y Vref-.
- RA3 è RA3, AN3 y Vref+.
- RA4 è RA4 (Salida en colector abierto) y T0CKI (Entrada de reloj del modulo Timer0).
- RA5 è RA5, AN4 y SS (Selección esclavo para el puerto serie síncrono).

##### **Puerto B:**

- Puerto e/s 8 pines.
- Resistencias pull-up programables.
- RB0 è Interrupción externa.
- RB4-7 interrupción por cambio de flanco.
- RB5-RB7 y RB3 è programación y debugger in circuito.

##### **Puerto C:**

- Puerto e/s de 8 pines.
- RC0 è RC0, T1OSO (Timer1 salida oscilador) y T1CKI (Entrada de reloj del modulo Timer1).
- RC1-RC2 è PWM/COMP/CAPT.
- RC1 è T1OSI (entrada osc timer1).
- RC3-4 è IIC.
- RC3-5 è SPI.



- RC6-7 è USART.

**Puerto D:**

- Puerto e/s de 8 pines.
- Bus de datos en PPS (Puerto paralelo esclavo)
- Puerto E.
- Puerto de e/s de 3 pines.
- RE0 è RE0 y AN5 y Read de PPS.
- RE1 è RE1 y AN6 y Write de PPS.
- RE2 è RE2 y AN7 y CS de PPS.

**4.1.12.- DISPOSITIVOS PERIFÉRICOS.**

- Timer0: Temporizador-contador de 8 bits con preescaler de 8 bits.
- Timer1: Temporizador-contador de 16 bits con preescaler que puede incrementarse en modo sleep de forma externa por un cristal/clock.
- Timer2: Temporizador-contador de 8 bits con preescaler y postescaler.
- Dos módulos de Captura, Comparación, PWM (Modulación de Anchura de Impulsos).
- Conversor A/D de 10 bits.
- Puerto Serie Síncrono Master (MSSP) con SPI e I<sup>2</sup>C (Master/Slave).
- USART/SCI (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) con 9 bit.
- Puerta Paralela Esclava (PSP) solo en encapsulados con 40 pines.

**Tabla IV.5. Descripción de pines de microcontrolador 16F877.**

<b>NOMBRE DEL PIN</b>	<b>PIN</b>	<b>TIPO</b>	<b>TIPO DE BUFFER</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>OSC1/CLKIN</b>	13	I	ST/MOS	Entrada del oscilador de cristal / Entrada de señal de reloj externa.
<b>OSC2/CLKOUT</b>	14	O	-	Salida del oscilador de cristal
<b>MCLR/Vpp/THV</b>	1	I/P	ST	Entrada del Master clear (Reset) o entrada de voltaje

				de programación o modo de control high voltaje test.
<b>RA0/AN0</b>	2	I/O	TTL	<p>PORTA es un puerto I/O bidireccional</p> <p>RA0: puede ser salida analógica 0</p> <p>RA1: puede ser salida analógica 1</p> <p>RA2: puede ser salida analógica 2 o referencia negativa de voltaje</p> <p>RA3: puede ser salida analógica 3 o referencia positiva de voltaje</p> <p>RA4: puede ser entrada de reloj el timer0.</p> <p>RA5: puede ser salida analógica 4 o el esclavo seleccionado por el puerto serial síncrono.</p>
<b>RA1/AN1</b>	3	I/O	TTL	
<b>RA2/AN2/ Vref-</b>	4	I/O	TTL	
<b>RA3/AN3/Vref+</b>	5	I/O	TTL	
<b>RA4/T0CKI</b>	6	I/O	ST	
<b>RA5/SS/AN4</b>	7	I/O	TTL	
<b>RBO/INT</b>	33	I/O	TTL/ST	<p>PORTB es un puerto I/O bidireccional. Puede ser programado todo como entradas</p> <p>RB0 puede ser pin de interrupción externo.</p> <p>RB3: puede ser la entada de programación de bajo voltaje</p> <p>Pin de interrupción</p> <p>Pin de interrupción</p>
<b>RB1</b>	34	I/O	TTL	
<b>RB2</b>	35	I/O	TTL	
<b>RB3/PGM</b>	36	I/O	TTL	
<b>RB4</b>	37	I/O	TTL	
<b>RB5</b>	38	I/O	TTL	
<b>RB6/PGC</b>	39	I/O	TTL/ST	
<b>RB7/PGD</b>	40	I/O	TTL/ST	

				Pin de interrupción. Reloj de programación serial
<b>RC0/T1OSO/T1CKI</b>	15	I/O	ST	<p>PORTC es un puerto I/O bidireccional</p> <p>RC0 puede ser la salida del oscilador timer1 o la entrada de reloj del timer1</p> <p>RC1 puede ser la entrada del oscilador timer1 o salida PWM 2</p> <p>RC2 puede ser una entrada de captura y comparación o salida PWN</p> <p>RC3 puede ser la entrada o salida serial de reloj síncrono para modos SPI e I2C</p> <p>RC4 puede ser la entrada de datos SPI y modo I2C</p> <p>RC5 puede ser la salida de datos SPI</p> <p>RC6 puede ser el transmisor asíncrono USART o el reloj síncrono.</p> <p>RC7 puede ser el receptor asíncrono USART o datos síncronos</p>
<b>RC1/T1OS1/CCP2</b>	16	I/O	ST	
<b>RC2/CCP1</b>	17	I/O	ST	
<b>RC3/SCK/SCL</b>	18	I/O	ST	
<b>RC4/SD1/SDA</b>	23	I/O	ST	
<b>RC5/SD0</b>	24	I/O	ST	
<b>RC6/Tx/CK</b>	25	I/O	ST	
<b>RC7/RX/DT</b>	26	I/O	ST	

<b>RD0/PSP0</b>	19	I/O	ST/TTL	PORTD es un puerto bidireccional paralelo
<b>RD1/PSP1</b>	20	I/O I/O	ST/TTL	
<b>RD2/PSP2</b>	21	I/O I/O	ST/TTL	
<b>RD3/PSP3</b>	22	I/O I/O	ST/TTL	
<b>RD4/PSP4</b>	27	I/O	ST/TTL	
<b>RD5/PSP5</b>	28		ST/TTL	
<b>RD6/PSP6</b>	29		ST/TTL	
<b>RD7/PSP7</b>	30		ST/TTL	
<b>RE0/RD/AN5</b>	8	I/O	ST/TTL	PORTE es un puerto I/O bidireccional RE0: puede ser control de lectura para el puerto esclavo paralelo o entrada analógica 5 RE1: puede ser escritura de control para el puerto paralelo esclavo o entrada analógica 6 RE2: puede ser el selector de control para el puerto paralelo esclavo o la entrada analógica 7.
<b>RE1/WR/AN</b>	9	I/O	ST/TTL	
<b>RE2/CS/AN7</b>	10	I/O	ST/TTL	
<b>Vss</b>	12.31	P	-	Referencia de tierra para los pines lógicos y de I/O
<b>Vdd</b>	11.32	P	-	Fuente positiva para los pines lógicos y de I/O
<b>NC</b>	-	-	-	No está conectado internamente

#### 4.2.- PANTALLA LCD 20\*4.

#### **4.2.1.- INTRODUCCIÓN.**

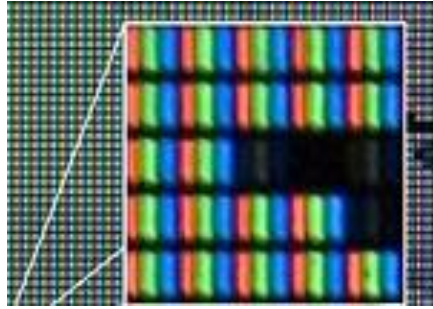
Los módulos LCD están compuestos básicamente por una pantalla de cristal líquido y un circuito de microcontrolador especializado el cual posee los circuitos y memorias de control necesarias para desplegar el conjunto de caracteres ASCII.

La lógica de control se encarga de mantener la información en la pantalla hasta que sea sobre escrita o borrada en la memoria RAM de datos.

Un LCD consta de una capa de moléculas alineadas entre dos electrodos transparentes, y dos filtros de polarización, los ejes de transmisión, de los cuales son (en la mayoría de los casos) perpendiculares entre sí. Sin cristal líquido entre el filtro polarizante, la luz que pasa por el primer filtro sería bloqueada por el segundo polarizador.

La superficie de los electrodos que están en contacto con los materiales de cristal líquido es tratada a fin de ajustar las moléculas de cristal líquido en una dirección en particular. Este tratamiento normalmente consiste en una fina capa de polímero que es unidireccionalmente frotada utilizando, por ejemplo, un paño. La dirección de la alineación de cristal líquido se define por la dirección de frotación.

Cuando se aplica un voltaje a través de los electrodos, una tuerca ajusta las moléculas de cristal líquido paralelas al campo eléctrico, que distorsiona la estructura helicoidal. Esto reduce la rotación de la polarización de la luz incidente, y el dispositivo aparece gris. Si la tensión aplicada es lo suficientemente grande, las moléculas de cristal líquido en el centro de la capa son casi completamente desenrolladas y la polarización de la luz incidente no es rotada ya que pasa a través de la capa de cristal líquido. Esta luz será principalmente polarizada perpendicular al segundo filtro, y por eso será bloqueada y el píxel aparecerá negro figura 4.2.



**Figura 4.2. Luz incidente en la capa de cristal líquido.**

Por el control de la tensión aplicada a través de la capa de cristal líquido en cada píxel, la luz se puede permitir pasar a través de distintas cantidades, constituyéndose los diferentes tonos de gris.

#### **4.2.2.- PANTALLA LCD 20\*4.**

Es una pantalla de cristal líquido (acrónimo del inglés *Liquid crystal display*) la cual constituida en una pantalla delgada y plana formada por un número de píxeles en color o Especificaciones en figura 4.3 podemos visualizar un LCD 20\*4.



**Figura 4.3. LCD 20\*4.**

#### **4.2.3.- CARACTERISTICAS.**

- El tamaño horizontal y vertical expresado en píxeles
- Tienen una resolución de soporte nativo para mostrar mejor efecto.

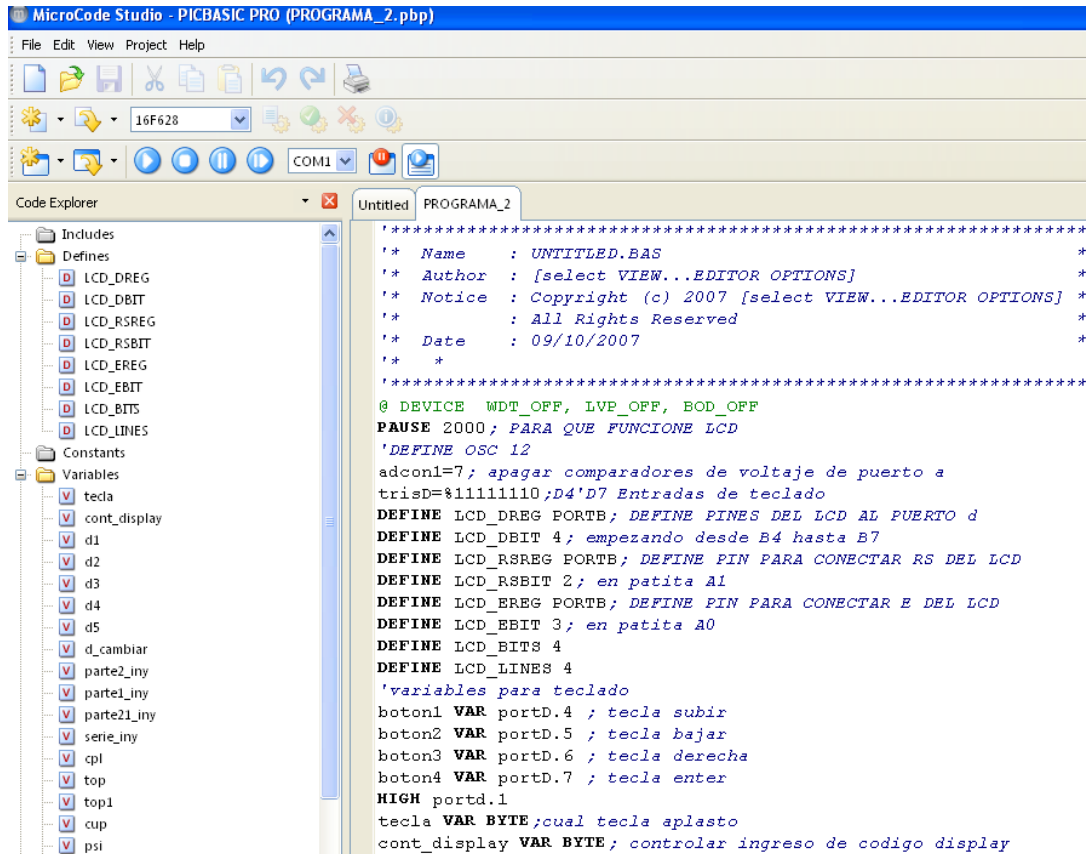
- Tiempo de respuesta el tiempo mínimo necesario para cambiar el color de un píxel o brillo. El tiempo de respuesta también se divide en ascenso y caída de tiempo.
- Tipo de Matriz posee dos activa o pasiva.
- Ángulo de visión más concretamente, conocida como visualización de la dirección.
- Brillo: La cantidad de luz emitida desde la pantalla, también se conoce como luminosidad.
- Contraste: La relación de la intensidad entre la más brillante y la más oscura.

### **4.3.- PROGRAMA DE INGRESO DE DATOS DEL INYECTOR.**

#### **4.3.1.- DESARROLLO.**

Para la realización de este proyecto hemos visto necesario como herramienta de programación la utilización del programa Microcode Studio ya que es un programa que permite realizar la programación en un alto lenguaje.

En la figura 4.4 se puede visualizar el programa en el cual se realiza la programación.

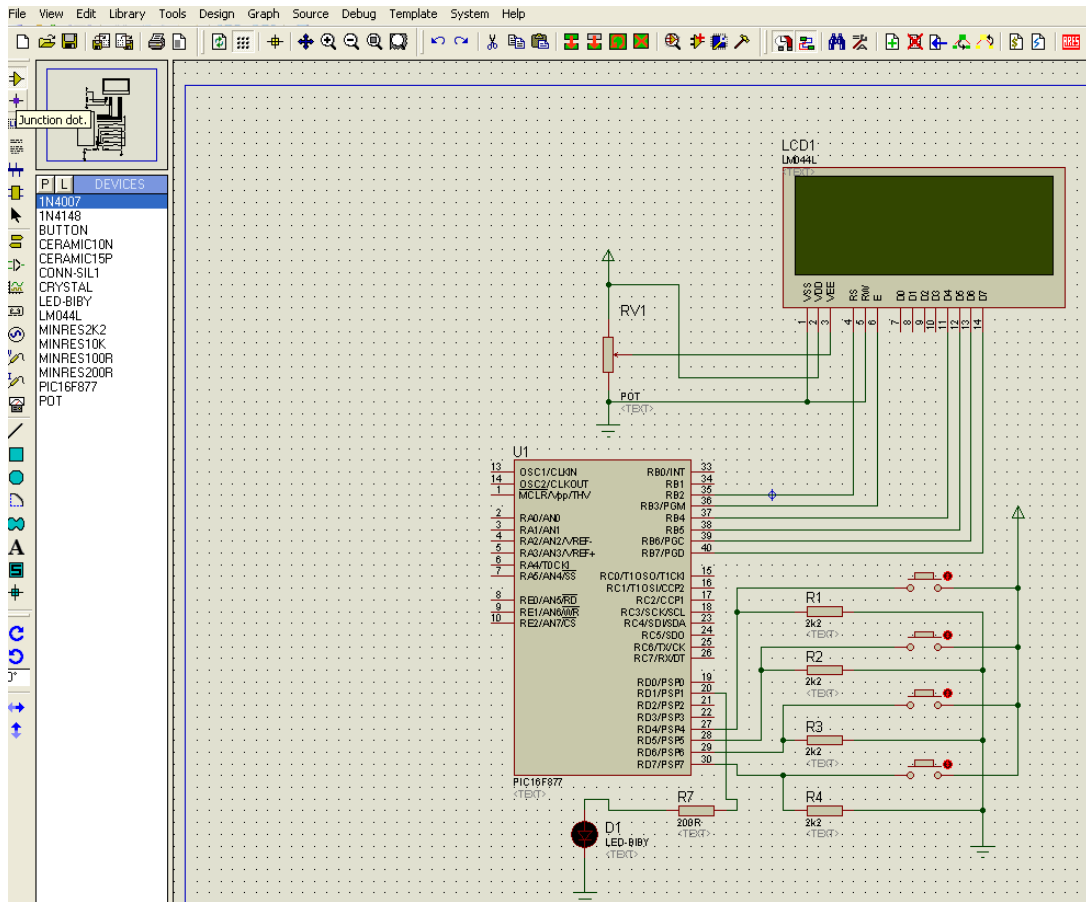


**Figura 4.4. Programa Microcode Studio.**

El desarrollo total del programa se encuentra en el anexo B.

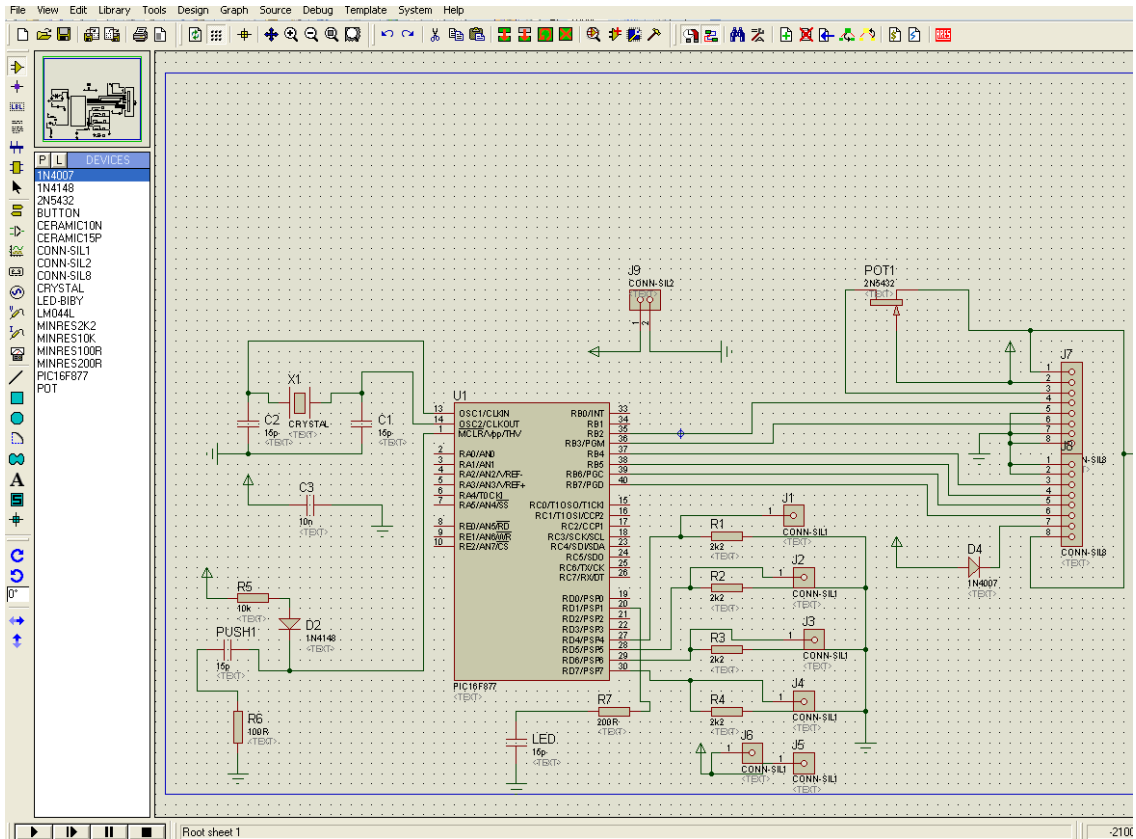
Una vez terminado el programa completamente se realiza la simulación en Proteus el cual es un software que nos permite simular el funcionamiento real de todos los componentes que forman parte del banco de datos, en la figura 4.5 se puede observar el programa de simulación proteus.





**Figura 4.5. Programa de simulación Proteus.**

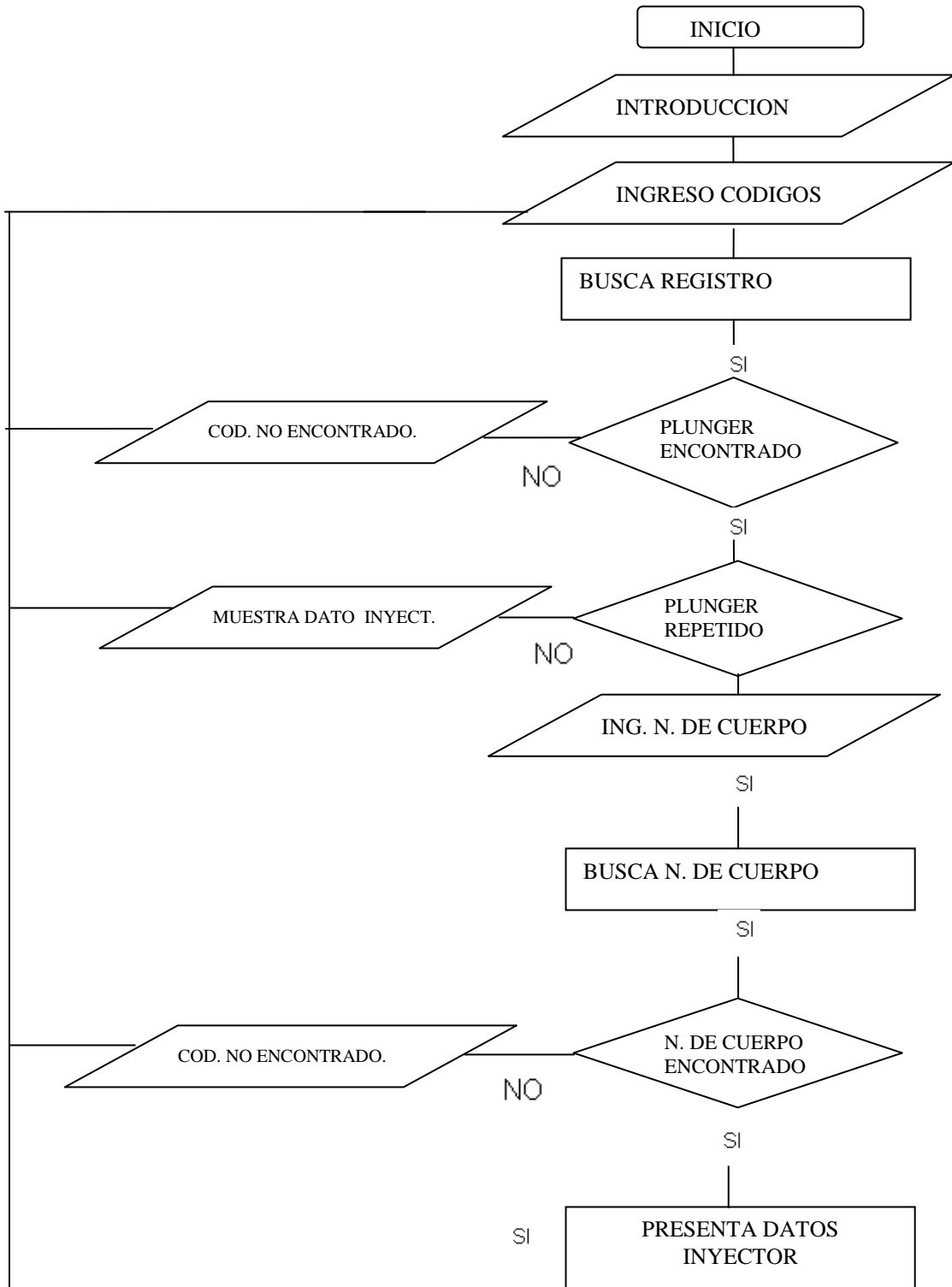
Una vez realizado todas las pruebas y comprobado el correcto funcionamiento en el simulador procedemos a quemar el Pic 16F877 debiendo recordar que para la programación de este Pic se empleo el programa Microcode Studio y que en este se encuentra grabado toda la información de los inyectores de acuerdo a su tipo, para lo cual utilizamos el software IC\_PROG el cual se encarga de transferir toda la información del programa hacia el Pic mediante un quemador universal en la figura 4.6. se especifica los pines del microcontrolador y los pines periféricos utilizados para la conexión.



**Figura 4.6. Especificación de pines del microcontrolador.**

Con la programación que se encuentra grabada en el Pic se obtiene como resultado final la visualización de datos en una pantalla LCD. Esta información aparecerá únicamente cuando el usuario ingrese un código, sea este el del cuerpo del inyector o el del plunger. Solo en ese momento se podrá visualizar la información requerida para el tipo de inyector a calibrar, ya que se debe tomar en cuenta que todos los inyectores poseen códigos independientes y que su información es única para cada uno de estos.

#### 4.4.- DIAGRAMA DE FLUJO.



## **V. CAPÍTULO**

### **ELABORACIÓN DEL BANCO DE CALIBRACIÓN DE INYECTORES CUMMINS PT**

#### **5.1.- GENERALIDADES.**

En el presente capítulo se especificaran los materiales, medidas y tolerancias para la elaboración del banco de calibración Cummins, para la realización del presente proyecto se utilizaran elementos mecánicos como eléctricos y electrónicos, tomando en cuenta su función específica, la utilización más apropiada y el mantenimiento respectivo.

Cabe recalcar que no se adentró totalmente en lo que se refiere al diseño matemático, ni al cálculo de dimensiones, por cuanto se toma como referencia el modelo original del banco de calibración existente en los laboratorios de motores diesel.

La construcción del banco de calibración, dentro del área de motores diesel, y específicamente lo referente a maquinaria pesada nos ayuda a reconocer, manipular y reparar los sistemas de inyección diesel que trabajan bajo los parámetros de calibración de inyectores Cummins.

Los elementos utilizados son semejantes a los originales con unas cuantas variables de construcción y manipulación, pero que básicamente nos permiten el funcionamiento óptimo del banco de calibración. En este sentido aclaramos que los elementos originales pertenecen única y exclusivamente a la patente

Americana Cummins, por cuanto son partes especiales y diseñadas exclusivamente para la marca en lo referente a herramientas y equipos.

La elaboración del banco de calibración se muestra 75% similar al original, pero con las variantes respectivas al diseño, ensamblaje y operación, con lo cual se busca el máximo de entendimiento en lo que es la calibración de inyectores de Cummins.

## **5.2.- SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL BANCO DE PRUEBAS.**

### **5.2.1.- CIRCUITO NEUMÁTICO.**

Como consecuencia de la automatización y racionalización de los equipos industriales, la fuerza de trabajo manual ha sido reemplazada por otras formas de energía; una de éstas es el aire comprimido.

El aire comprimido es una fuente cara de energía, pero, sin duda, ofrece indudables ventajas. La producción y acumulación del aire comprimido, así como su distribución a las máquinas y dispositivos suponen gastos elevados. El trabajo que desarrolla el aire comprimido tiene múltiples aplicaciones, como por ejemplo las siguientes:

- Apertura y cierre de puertas de los autobuses o trenes.
- En la industria, con la implementación en diferentes procesos.
- Empujar y levantar cargas pesadas.
- En el dentista alimentando el motor neumático del torno.
- En el automovilismo, en el uso de herramientas neumáticas que agilitan los trabajos de mantenimiento.
- Entre otros.

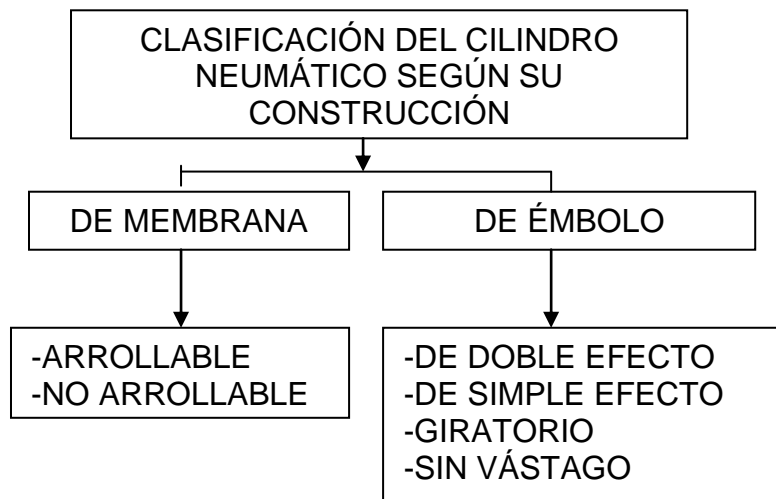
Los circuitos neumáticos están constituidos por:

- Elementos de información (manómetros).
- Elementos de mando (válvulas, reguladores).
- Elementos de trabajo (cilindros neumáticos).

## **5.3.- PISTONES NEUMÁTICOS.**

Es un elemento que requiere aire comprimido para generar un movimiento, el cual puede ser rectilíneo o giratorio.

Producen el trabajo de transformar la energía neumática del aire, en trabajo mecánico de movimiento rectilíneo con el vástago, que consta de la carrera de avance y la carrera de retroceso. Existen diferentes tipos de cilindros neumáticos Figura 5.1.



**Figura 5.1. Clasificación del cilindro Neumático.**

Para la construcción del banco de calibración de inyectores CUMMINS nos enfocaremos principalmente en los cilindros de émbolo, y particularmente en el cilindro de simple efecto que será usado en nuestro proyecto.

### **5.3.1.- CILINDRO DE MEMBRANA.**

En este tipo de cilindro se tensa una membrana de goma dura, de plástico o de metal entre dos láminas metálicas abombadas. El vástago está fijado al centro de la membrana. Cuando la membrana recibe presión neumática, empuja el vástago hacia el exterior del cilindro en la carrera de avance. La carrera de retroceso se realiza cuando el vástago entra al cilindro y se realiza normalmente mediante un muelle recuperador (Figura 5.2). Sin embargo, para el caso de carreras cortas generalmente se aprovecha la misma tensión de la

membrana. Con los cilindros de membrana pueden conseguirse carreras que van desde algunos milímetros hasta un máximo de aproximadamente 50 mm.

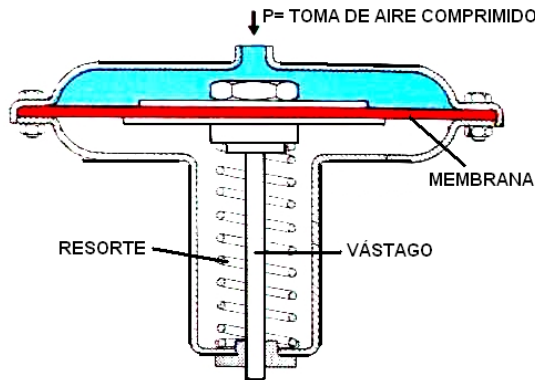


Figura 5.2. Cilindro de Membrana.

### 5.3.2.- CILINDRO DE ÉMBOLO.

Son los más empleados en la neumática. El cilindro neumático de émbolo está constituido por un tubo circular cerrado en los extremos mediante dos tapas, entre las cuales se desliza un émbolo que separa dos cámaras. Al émbolo va unido un vástago que saliendo a través de una de ambas tapas, permite utilizar la fuerza desarrollada por el cilindro, (Figura 5.3), gracias a la presión del fluido al actuar sobre las superficies del émbolo.

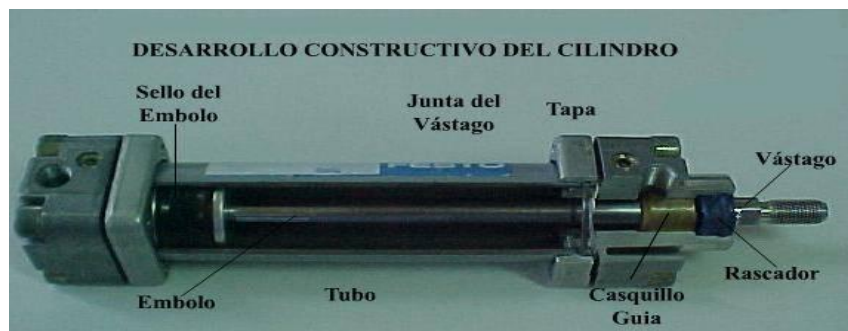


Figura 5.3. Construcción del cilindro de émbolo.

Dentro de este tipo de cilindros, los más usados son:

### 5.3.2.1.- El cilindro de simple efecto.

Estos cilindros tienen una sola conexión de aire comprimido. No pueden realizar trabajos más que en un sentido. Se necesita aire sólo para un movimiento de traslación. El vástago retorna por el efecto de un muelle incorporado o de una fuerza externa. El resorte incorporado se calcula de modo que haga regresar el émbolo a su posición inicial a una velocidad suficientemente grande.

En los cilindros de simple efecto con muelle incorporado, la longitud de éste limita la carrera. Por eso, estos cilindros no sobrepasan una carrera de unos 100 mm, (Figura 5.4). Se utilizan principalmente para sujetar, expulsar, apretar, levantar, alimentar, etc.

Cilindro de simple efecto

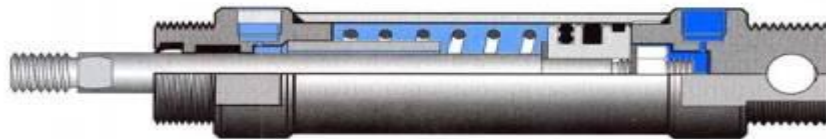
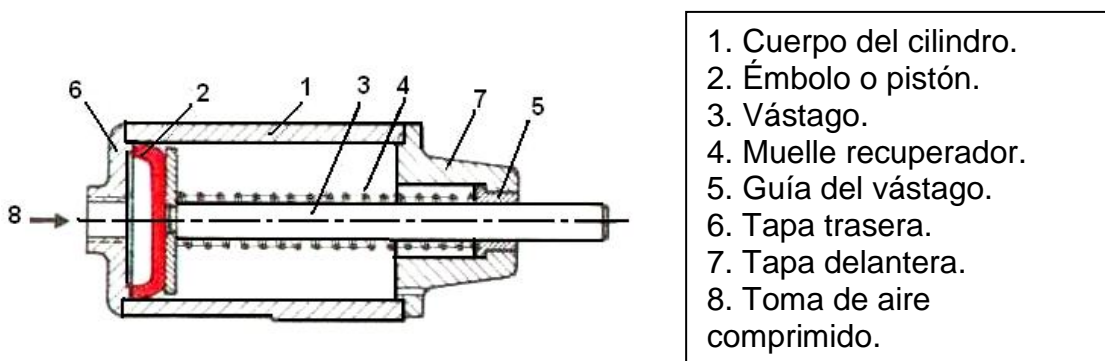


Figura 5.4. Cilindro de simple efecto.

#### 5.3.2.1.1.- Construcción del cilindro de simple efecto.



1. Cuerpo del cilindro.
2. Émbolo o pistón.
3. Vástago.
4. Muelle recuperador.
5. Guía del vástago.
6. Tapa trasera.
7. Tapa delantera.
8. Toma de aire comprimido.

Figura 5.5. Construcción del cilindro de simple efecto.

#### 5.3.2.1.2.- Funcionamiento del cilindro de simple efecto.



Genera un movimiento rectilíneo llamado carrera del émbolo que puede ser de avance y de retroceso. En este tipo de cilindro, el aire comprimido sólo actúa sobre una de las caras del émbolo, y por tanto, sólo se puede producir trabajo en un sentido de carrera del émbolo.

Según la posición inicial del vástago antes de aplicar presión neumática, este tipo de cilindro puede ser "vástago adentro" porque el aire comprimido produce trabajo sólo en la carrera de avance del émbolo, y la carrera de retroceso se debe a la acción de un muelle recuperador, o puede ser "vástago afuera" porque el aire comprimido produce trabajo sólo en la carrera de retroceso del émbolo, y la carrera de avance se debe a la acción de un muelle recuperador. También existe otro tipo de cilindro de simple efecto cuyo retorno se realiza mediante la aplicación de una fuerza externa al vástago.

En la Figura 5.6 se puede apreciar el desplazamiento del émbolo del cilindro de simple efecto en sus diferentes etapas: (1,2) El aire comprimido entra empujando el vástago, y comprimiendo el muelle. Los bordes de junta se deslizan sobre la pared interna del cilindro, (3) después el muelle hace volver el vástago a su estado inicial.

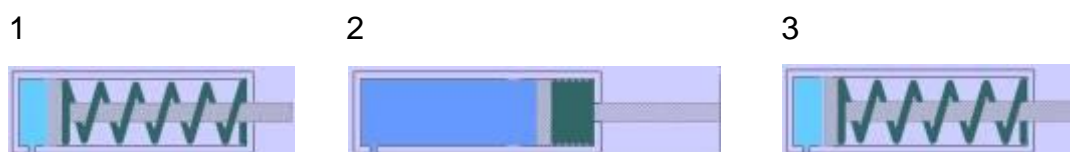


Figura 5.6. Desplazamiento del émbolo.

### 5.3.2.1.3.- Simbología estándar del cilindro de simple efecto.

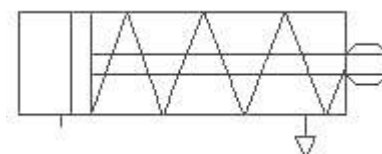
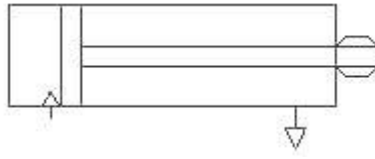


Figura 5.7. Cilindro de simple efecto con retorno por muelle (vástago adentro).



**Figura 5.8. Cilindro de simple efecto con retorno por fuerza externa.**

#### **5.3.2.1.4.- Características del cilindro de simple efecto.**

- Carrera de avance reducida (14-17 cm. Aprox.)
- Construcción en aluminio, que se traduce en peso reducido.
- Diámetro del émbolo de 5 cm aprox.
- Fácil conexión y montaje.
- Presión de operación de 150 PSI, aprox.
- Vástago de acero endurecido, resistente a cargas fluctuantes.
- Operación de 1000 ciclos de trabajo continuo.



**Figura 5.9. Cilindro usado en el proyecto.**

#### **5.3.2.2.- El cilindro de doble efecto.**

El cilindro de doble efecto genera un movimiento rectilíneo del émbolo de avance y de retroceso. Este tipo de cilindro puede producir trabajo en los dos sentidos de carrera del émbolo, ya que posee dos tomas de aire comprimido, situadas a ambos lados del émbolo, figura 5.10.

La carrera del émbolo de un cilindro neumático de doble efecto pudiera desarrollarse a una alta velocidad. En este caso, generalmente conviene amortiguar los finales de la carrera del émbolo para evitar el ruido excesivo y los choques bruscos tanto internamente que pudieran deteriorar a algunas de las partes interiores que constituyen el cilindro, así como externamente que pudieran causar daños en el vástago del cilindro y en los objetos externos que él manipula.

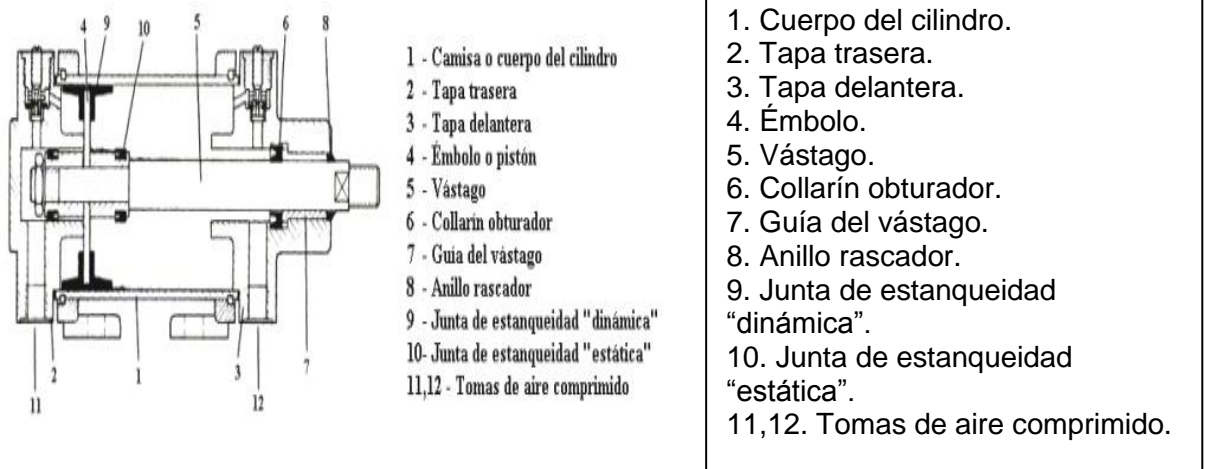


Figura 5.10. Construcción básica del cilindro de doble efecto.

5.3.2.2.1.- Simbología estándar del cilindro de doble efecto.

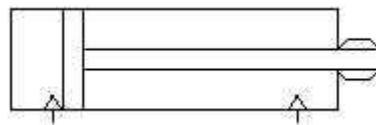


Figura 5.11. Cilindro de doble efecto.

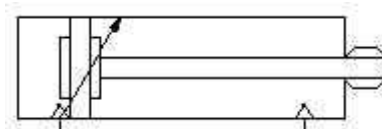


Figura 5.12. Cilindro de doble efecto con amortiguación.

La amortiguación interna en los puntos extremos de la carrera del émbolo de un cilindro neumático puede ser:

### 5.3.2.3.- Amortiguación Neumática.

Este tipo de amortiguación consiste fundamentalmente en crear un colchón de aire con escape regulable en los finales de la carrera, Figura 5.13. Como puede observarse, al penetrar el pequeño pistón de frenado (3) en su cámara correspondiente (4), queda aire retenido que inicialmente forma un cojín y luego se dirige a la cámara principal (1), la cual se comunica con el aire exterior a través del conducto (5). El caudal de salida de aire de la cámara (4) es regulado a través del tornillo (2). Esta cámara de frenado también existe en la tapa trasera, con lo cual se amortigua también el retroceso del vástago hasta su posición final trasera.

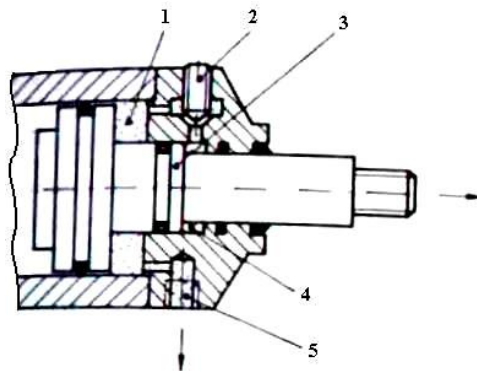


Figura 5.13. Cilindro con amortiguación neumática regulable.

### 5.3.2.4.- Amortiguación elástica.

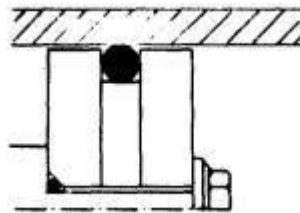
Este tipo de amortiguación tiene lugar en los cilindros neumáticos que utilizan el muelle como elemento de reposición. En este caso la amortiguación se da debido a una fuerza elástica que aparece y va aumentando en la dirección opuesta a la fuerza aplicada al émbolo, a medida que la carrera del émbolo va comprimiendo al resorte.

### 5.3.2.5.- Juntas De Estanqueidad.

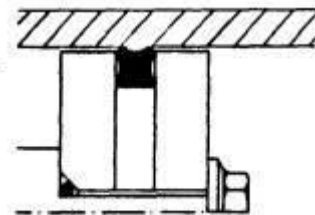
Estas se clasifican principalmente en "estáticas" y "dinámicas":

- Las juntas de estanqueidad estáticas generalmente se encuentran ubicadas en la tapa trasera y delantera, es decir, en los puntos extremos de la carrera del émbolo, y sobre el punto de unión entre el vástago y el émbolo.
- La junta de estanqueidad dinámica se encuentra ubicada entre el émbolo y la camisa del cilindro.

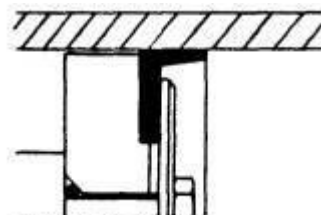
Según su construcción, las juntas de estanqueidad se clasifican en:



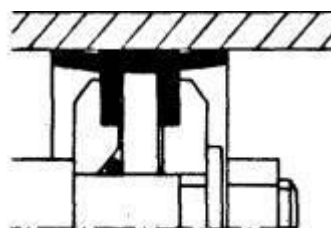
**Figura 5.14. Junta en forma de "anillo toroidal".**



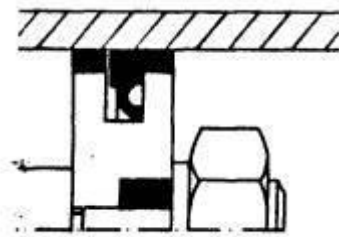
**Figura 5.15. Junta cuadrada.**



**Figura 5.16. Junta en forma de "mango de copa".**



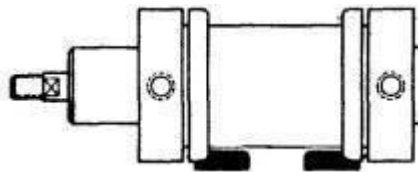
**Figura 5.17. Junta en forma de "mango doble de copa".**



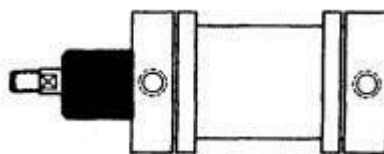
**Figura 5.18. Junta en forma de "I".**

### **5.3.2.6.- Tipos de fijaciones de los cilindros.**

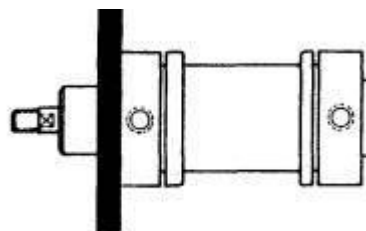
Un cilindro neumático lineal de émbolo puede operar de diversas maneras sobre un dispositivo o máquina, dependiendo de la aplicación que esté realizando, en cuyo caso, un factor de gran importancia es el tipo de fijación utilizado para el cilindro.



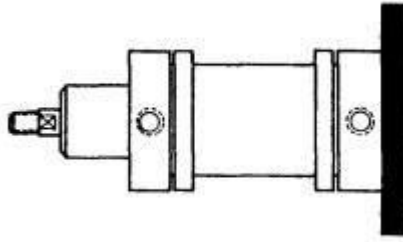
**Figura 5.19. Fijación por pies.**



**Figura 5.20. Fijación por rosca.**



**Figura 5.21. Brida anterior.**



**Figura 5.22. Brida posterior.**

#### **5.4.- VÁLVULAS DE PRESIÓN.**

Las válvulas de presión en términos generales, tienen las siguientes misiones:

- Distribuir el fluido.
- Regular caudal.
- Regular la presión.

Las válvulas son elementos que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como la presión o el caudal del aire enviado por una bomba neumática o almacenado en un depósito. En lenguaje internacional, el término "válvula" o "distribuidor" es el término general de todos los tipos tales como válvulas de corredera, de bola, de asiento, grifos, etc. Según su función las válvulas se subdividen en 5 grupos:

- Válvulas de vías o distribuidoras.
- Válvulas de bloqueo.
- Válvulas de presión.
- Válvulas de caudal.
- Válvulas de cierre.

El tipo de válvula que vamos a utilizar se encuentra dentro de la clasificación de válvulas distribuidoras.

##### **5.4.1.- VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS.**

Estas válvulas son los componentes que determinan el camino que ha de tomar la corriente de aire, a saber, principalmente puesta en marcha y paro (Start-Stop). Son válvulas de varios orificios también llamados vías, los cuales determinan el camino que debe seguir el aire bajo presión para efectuar operaciones tales como puesta en marcha, paro, dirección de cilindros, etc.

Pueden ser de dos, tres, cuatro y cinco vías correspondiente a las zonas de trabajo y, a la aplicación de cada una de ellas, estará en función de las operaciones a realizar.

#### **5.4.2.- ACCIONAMIENTO DE VÁLVULAS.**

Según el tiempo de accionamiento se distingue entre:

1. Accionamiento permanente, o señal continua.

Es accionada manualmente o por medios mecánicos, neumáticos o eléctricos durante todo el tiempo hasta que tiene lugar el reposicionamiento. Este es manual o mecánico por medio de un muelle.

2. Accionamiento momentáneo, impulso.

La válvula es invertida por una señal breve o impulso, y permanece indefinidamente en esa posición, hasta que otra señal la coloca en su posición anterior.

#### **5.4.3.- CAUDAL DE VÁLVULAS.**

Los datos de pérdida de presión y de caudal de aire de válvulas neumáticas son muy interesantes para la persona que las aplique. Para la elección de las válvulas deben conocerse:

- Volumen y velocidad del cilindro
- Cantidad de conmutaciones exigidas
- Caída de presión admisible.



Es indispensable, pues, marcar las válvulas neumáticas con su caudal nominal VN. En el cálculo de los valores de paso deben tenerse en cuenta diversos factores.

Estos son:

$p_1$  = Presión en la entrada de la válvula (kPa/bar)  
 $p_2$  = Presión en la salida de la válvula (kPa/bar)  
 $\Delta p$  = Presión diferencial ( $p_1 - p_2$ ) (kPa/bar)  
 $T_1$  = Temperatura (K)  
 $\dot{V}_N$  = Caudal nominal (l/min)

En la medición, el aire fluye a través de la válvula en un solo sentido. Se conoce la presión de entrada, y puede medirse la de salida. La diferencia entre estos dos valores es igual a la presión diferencial  $\Delta p$ . Con un caudalímetro se mide la cantidad de aire que pasa a través de la válvula.

#### **5.4.4.- VÁLVULA DE ESCAPE RÁPIDO.**

Con ella se ahorran largos tiempos de retorno, especialmente si se trata de cilindros de simple efecto. Permiten evacuar el aire de los cilindros rápidamente a través de una sección mayor que la que poseen las válvulas. Con ello podemos aumentar las velocidades en el avance y retroceso de los vástagos de los cilindros.

##### **5.4.4.1.- Partes de la válvula de escape rápido.**

- La válvula tiene un empalme de alimentación bloqueable, P.
- Un escape bloqueable, R.
- Dos salidas, A.
- Un mango de accionamiento, B.
- El cuerpo, C.
- Dos puntos de sujeción, D, figura 5.23.

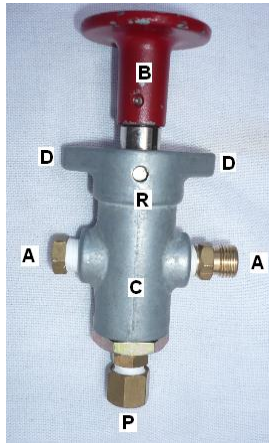


Figura 5.23. Partes de la válvula de escape rápido.

#### 5.4.4.2.- Funcionamiento de la válvula de escape rápido.

Cuando el aire a presión llega por P, la junta se desliza y cubre el escape R, el aire comprimido circula entonces hacia A y luego al cilindro. Si se deja de aplicar aire comprimido a P, el aire proveniente de A empuja la junta contra el empalme P y lo cierra, figura 5.24. El aire puede escapar rápidamente por R, sin recorrer conductos largos y quizá estrechos hasta la válvula de mando. Se recomienda montar esta válvula directamente sobre el cilindro o lo más cerca posible de éste.



Figura 5.24. Funcionamiento de la válvula de escape rápido.

#### 5.4.4.3.- Representación esquemática de la válvula de escape rápido.

Para representar la válvula distribuidora de escape rápido en los esquemas de circuito se utilizan símbolos, figura 5.25; éstos no dan ninguna orientación sobre el método constructivo de la válvula; solamente indican su función. Hay que distinguir, principalmente:

1. Las vías, o número de orificios correspondientes a la parte de trabajo.
2. Las posiciones, a las que puede adoptar el distribuidor para dirigir el flujo por una u otra vía, según necesidades de trabajo.

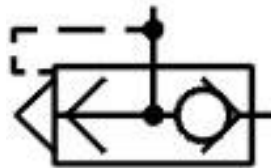


Figura 5.25. Símbolo de la válvula de escape rápido.

La recomendación es montar la válvula directamente sobre el cilindro ó lo más cerca posible de éste.

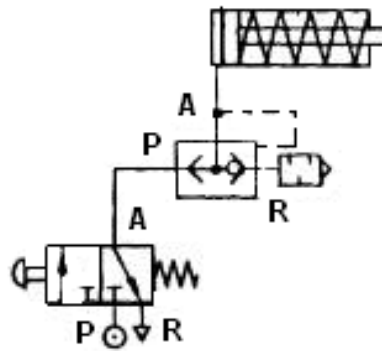


Figura 5.26. Esquema del circuito de accionamiento.

## 5.5.- SUMINISTRO DE AIRE, PRESIÓN DE OPERACIÓN.

### 5.5.1.- ACUMULADOR DE AIRE COMPRIMIDO.

El acumulador o depósito sirve para estabilizar el suministro de aire comprimido. Compensa las oscilaciones de presión en la red de tuberías a medida que se consume aire comprimido, figura 5.27. Gracias a la gran

superficie del acumulador, el aire se refrigera adicionalmente. Por este motivo, en el acumulador se desprende directamente una parte de la humedad del aire.

El tamaño de un acumulador de aire comprimido depende:

- Del caudal de suministro del compresor.
- Del consumo de aire.
- De la red de tuberías (volumen suplementario).
- Del tipo de regulación.
- De la diferencia de presión admisible en el interior de la red.

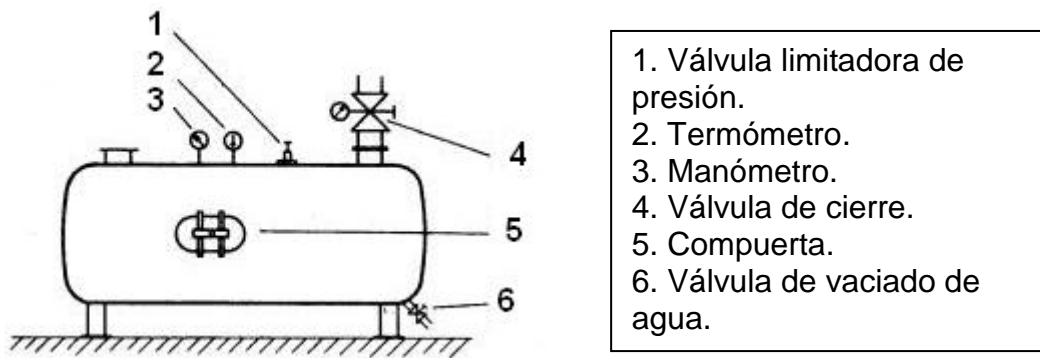


Figura 5.27. Acumulador de aire comprimido.

### 5.5.2.- CAUDAL DEL COMPRESOR.

Por caudal se entiende la cantidad de aire que suministra el compresor. Existen dos conceptos.

- El caudal teórico.
- El caudal efectivo o real.

En el compresor de émbolo oscilante, el caudal teórico es igual al producto de cilindrada x velocidad de rotación. El caudal efectivo depende de la construcción del compresor y de la presión. Es interesante conocer el caudal efectivo del compresor. Sólo éste es el que acciona y regula los equipos neumáticos. El caudal se expresa en  $m^3/min$  ó  $m^3/h$ .

### 5.5.3.- PRESIÓN.

También se distinguen dos conceptos, figura 5.28:

- La presión de servicio, es la suministrada por el compresor o acumulador y existe en las tuberías que alimentan a los consumidores, se hace necesario la utilización de 125 PSI de presión del compresor en el sistema.
- La presión de trabajo, es la necesaria en el puesto de trabajo considerado, en el sistema neumático del banco de calibración CUMMINS se requiere de al menos 130 PSI de presión de aire, con lo cual se logra vencer las fuerzas del resorte del inyector CUMMINS PT.

En la mayoría de los casos, es de 600 kPa (6 bares) la presión de servicio.

Por eso, los datos de servicio de los elementos se refieren a esta presión.

**Importante:** Para garantizar un funcionamiento fiable y preciso del sistema neumático, es necesario que la presión tenga un valor constante. De ésta dependen:

- la velocidad del vástago del cilindro neumático.
- las fuerzas que se vayan a aplicar sobre el resorte del inyector PT.
- el desarrollo secuencial de las fases de los elementos de trabajo, y por ende en buen desempeño de la máquina.

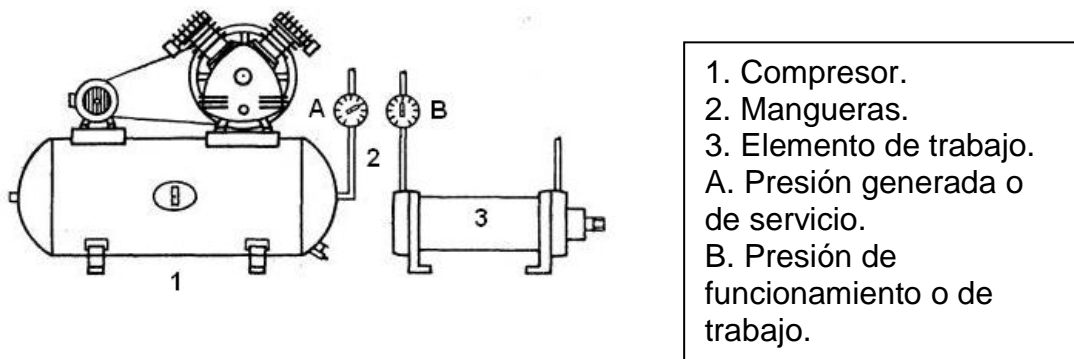


Figura 5.28. Presión.

## 5.6.- MEDIDOR DE PRESIÓN.

La presión es una fuerza que ejerce sobre un área determinada, se mide en unidades de fuerzas por unidades de área. Esta fuerza se puede aplicar a un punto en una superficie o distribuirse sobre esta. Cada vez que se ejerce se produce una deflexión, una distorsión o un cambio de volumen o dimensión.

Las mediciones de presión pueden ser desde valores muy bajos que se consideran un vacío, hasta miles de toneladas de por unidad de área. Los principios que se aplican a la medición de presión se utilizan también en la determinación de temperaturas, flujos y niveles de líquidos. Por lo tanto, es muy importante conocer los principios generales de operación, los tipos de instrumentos, los principios de instalación.

La mayoría de los dispositivos que permiten medir la presión directamente miden en realidad la diferencia entre la presión absoluta y la presión atmosférica. El resultado obtenido se conoce como presión manométrica.

*Presión absoluta = presión manométrica + presión atmosférica*

Las presiones medidas en este modo se denominan presiones relativas o manométricas. Las presiones manométricas negativas indican la cantidad de vacío y en condiciones normales; al nivel del mar; son posibles presiones de hasta -14,7 litros por pulgadas cuadradas pero no más bajos o -1 atmósfera. La presión absoluta es siempre igual a la manométrica más la atmosférica.

#### **5.6.1.- MANÓMETROS.**

Un manómetro es un dispositivo que mide la intensidad de una fuerza o presión aplicada a un líquido o gas. Cabe destacar, que estos cumplen un rol muy importante a nivel industrial y comercial, ya que los mismos, son usados casi diariamente, por diferentes y grandes compañías industriales que laboran en este campo, como lo es, el estudio de las presiones. Los manómetros son los aparatos esenciales para la medición de las presiones que van desde un punto a otro, tomando en cuenta el nivel y los factores que pueden llegar a afectar éste fenómeno de medición.

Estos pueden ser de dos clases:

1. Los que equilibran la presión desconocida con otra que se conoce. A este tipo pertenece el manómetro de vidrio en U, en el que la presión se determina midiendo la diferencia en el nivel del líquido de las dos ramas.

2. Los que la presión desconocida actúa sobre un material elástico que produce el movimiento utilizado para poder medir la presión. A este tipo de manómetro pertenece el manómetro de tubo de Bourdon, el de pistón, el de diafragma, etc.

#### 5.6.1.1.- Manómetro de Bourdon.

Este manómetro consiste de una carátula calibrada en unidades PSI o KPa y una aguja indicadora conectada a través de una articulación a un tubo curvado de metal flexible llamado tubo de bourdon. El tubo de bourdon se encuentra conectado a la presión del sistema, figura 5.29.

Conforme se eleva la presión en el sistema, el tubo de bourdon tiende a enderezarse debido a la diferencia en áreas entre sus diámetros interior y exterior. Esta acción ocasiona que la aguja se mueva e indique la presión apropiada en la carátula.

El manómetro de tubo de bourdon, es por lo general, un instrumento de precisión cuya exactitud varia entre 0,1% y 3% de su escala completa. Son empleados frecuentemente para fines de experimentación y en sistemas donde es importante determinar la presión.



Figura 5.29. Manómetro de Bourdon.

#### **5.6.1.2.- Características.**

- Control de presiones en sistemas neumáticos para un óptimo funcionamiento
- Dos escalas: PSI y MPa.
- Amplia gama de presiones.
- Para montaje directo o en panel.
- De acuerdo con las normas BS 1780.

#### **5.6.1.3.- Datos Técnicos.**

- Fluido: Aire comprimido.
- Escalas de Presión: 0-1 0-2,5 0-4 bar.
- Temperatura de Trabajo: -20° a +60°C.
- Ejecuciones: Conexión posterior.
- Precisión: 1,6% (s/fondo escala)
- Diámetro Nominal Caja: 50 mm
- Conexiones: R1/8" cónica o cilíndrica Materiales:
- Cuerpo: Plástico.
- Tapa transparente: Plástico
- Partes en movimiento: Cobre/bronce

#### **5.6.2.- REGULADOR DE PRESIÓN.**

Los reguladores de presión son aparatos de control de flujo diseñados para mantener una presión constante, figura 5.30. Éste debe ser capaz de mantener la presión, sin afectarse por cambios en las condiciones operativas del proceso para el cual trabaja. La selección, operación y mantenimiento correcto de los reguladores garantiza el buen desempeño operativo del equipo al cual provee el suministro de aire.





Figura 5.30. Regulador de presión.

### 5.6.2.1.- Partes del regulador de presión.

A, válvula de ajuste.

B, entrada de aire a presión del compresor.

C, salida de aire a presión regulada.

D, salida hacia el manómetro.

E, cuerpo del regulador.

F, roscado para sujetar.

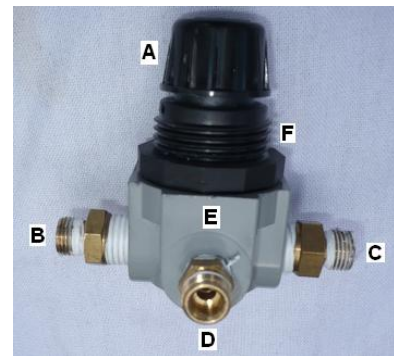


Figura 5.31. Partes del regulador de presión.

### 5.6.2.2.- Funcionamiento de los Reguladores de Presión.

Un regulador es básicamente una válvula de recorrido ajustable conectada mecánicamente a un diafragma. El diafragma se equilibra con la presión de salida o presión de entrega y por una fuerza aplicada al lado contrario, a la cara que tiene contacto con la presión de salida. La fuerza aplicada al lado opuesto al diafragma puede ser suministrada por un resorte, un peso o presión aportada por otro instrumento denominado piloto. El piloto es por lo general, otro regulador más pequeño o un equipo de control de presión. La presión de regulación esta dada de 0 a 250 PSI, pero para nuestro caso se mantendrá en 130 PSI.

### 5.7.- RELOJ PALPADOR DIGITAL.

La parte más sensible y de mayor exactitud en el funcionamiento del banco la constituye el reloj comparador digital, para el efecto se dispone del nuevo indicador digimatic de MITUTOYO, Figura 5.32. El Indicador tipo ID-U Digimatic más compacto con un "Codificador Lineal ABSOLUTO".

#### **5.7.1.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.**

- Indicador digital delgado.
- Pantalla LCD con dígitos de 8mm y botones de simple operación.
- El nuevo Indicador ID-U muestra la POSICIÓN ABSOLUTA del husillo desde el punto original al encenderlo.
- Después de fijar el cero inicial, el ID-U no necesita fijar la posición original durante la vida entera de la pila; el origen lo recuerda aún después de apagarlo.
- Ideal para instalación en dispositivos de medición por su diseño compacto y larga vida de la pila (aproximadamente 20,000 horas de uso continuo).
- El Codificador Absoluto elimina errores de sobre velocidad del husillo y previene errores de interferencia por ruido eléctrico.
- Salida de datos para SPC.



Figura 5.32. Reloj palpador digital.

### 5.7.2.- DIMENSIONES.

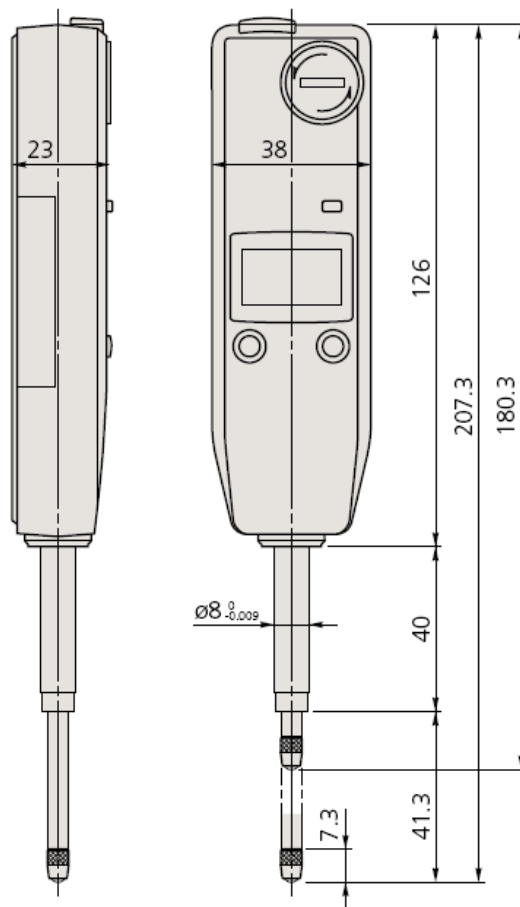


Figura 5.33. Dimensiones del reloj.

### 5.7.3.- DIMENSIONES Y COMPONENTES.

1. Capuchón.
2. Conector de salida de datos (USB).
3. Vástago.
4. Husillo.
5. Punta de contacto.
6. Tapa de batería.
7. Pantalla de cristal líquido (LCD).
8. Orificio para el disparador.
9. Botón Encendido/Apagado (ON/OFF).
10. Botón de establecimiento de origen.
11. Botón de cambio de dirección.
12. Botón de cambio pulgadas/milímetros (in/mm).

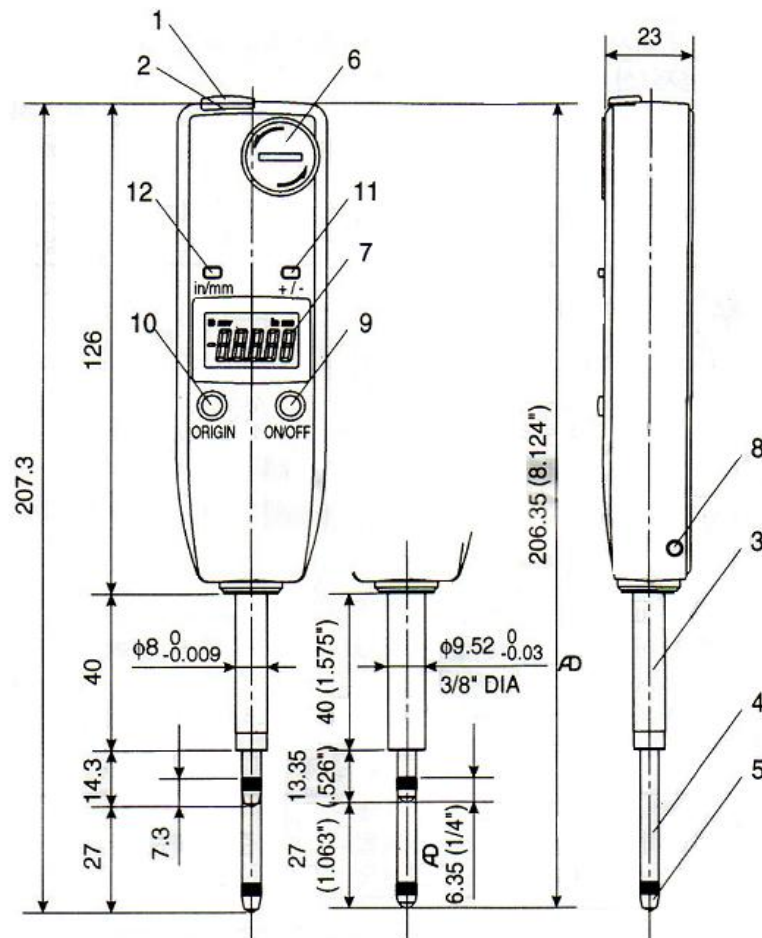


Figura 5.34. Dimensiones y componentes del reloj.

#### 5.7.4.-REEMPLAZO DE LA BATERÍA.

- Remueva la tapa de la batería girándola en sentido contrario de las manecillas del reloj (dirección de la flecha, Figura 5.35) con un destornillador plano puesto en la ranura. Luego remueva la batería.
- Ponga la batería nueva con la cara + hacia arriba y fije la tapa girándola en sentido de las manecillas del reloj.

**IMPORTANTE:** Si la batería es reemplazada, el origen se elimina. Establezca nuevamente el origen.

**NOTA:** Inmediatamente después del reemplazo de la batería aparecerá una indicación sin sentido o “E”, pero no es anormal. Continúe el establecimiento del origen.

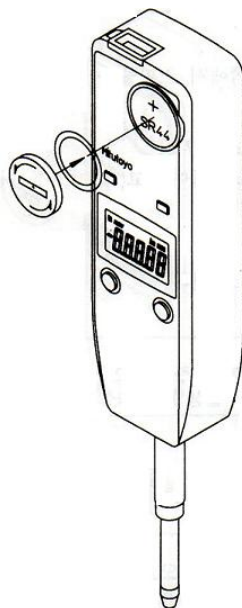


Figura 5.35. Reemplazo de la batería.

#### 5.7.5.- REEMPLAZO DE LA PUNTA DE CONTACTO.

Fije el husillo con pinzas protegiéndolo con una tela, sujete la punta de contacto con otras pinzas, y gírelo para remover o instalar.

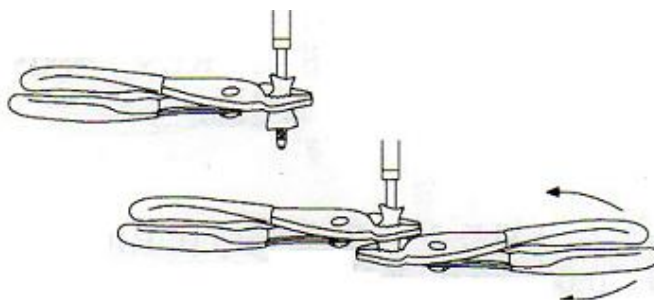


Figura 5.36. Reemplazo de la punta de contacto.

**IMPORTANTE:** Debe sujetar el husillo cuando gira la punta de contacto. De no ser así se puede dañar el indicador.

#### 5.7.6.- CONFIGURACIÓN DE DIRECCIÓN DE CUENTA.

- Al oprimir el botón (+/-) se cambia la dirección de cuenta de la pantalla.
- Si aparece la señal “REV” en la pantalla, el indicador cuenta con el signo menos cuando el husillo está retraído.



Figura 5.37. Configuración de dirección de cuenta.

#### 5.7.7.- ESTABLECIMIENTO DEL ORIGEN.

Desplace el husillo a la posición donde se especifica el origen, luego oprima y retenga el botón “ORIGIN” más de un segundo. Se establecerá el origen indicando “0.00” en la pantalla.

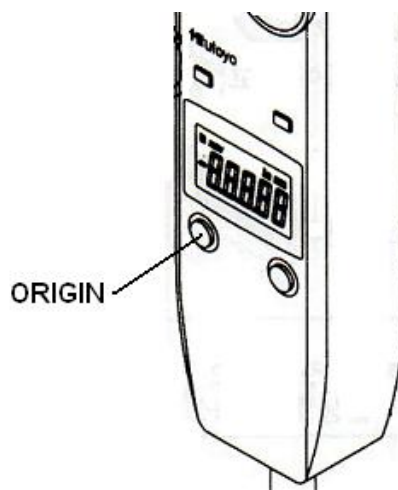


Figura 5.38. Establecimiento del origen.

Tabla V.1. Mensajes de Error y soluciones.

Mensajes	Error	Soluciones
“B”	El voltaje de la batería esta bajo	Reemplace la batería por una nueva.
“ErrC”	Posiblemente se han condensado gotas de agua en la unidad de detector debido al cambio de temperatura repentino o que la unidad de detector esta sucia.	Apague el indicador y déjelo por dos horas. Si el indicador no se recupera, es necesario repararlo.
“E”	Un error temporal causado por movimiento del husillo demasiado rápido.	Siga usando el indicador, ya que no afecta la medición.

**Tabla V.2. Especificaciones.**

Nº de orden	575-121
Resolución	0.01mm
Rango de medición	25.4mm
Exactitud*	0.02mm o menos
Diámetro del vástago	8mm
Punta de contacto	Carburo (M2.5x0.45)
Fuerza de medición	1.8N (180gf) o menos
Dirección de medición	En todas las direcciones
Fuente de energía	Batería de oxido de plata (SR44) 1pc. (Nº 938882)
Vida de batería	Aproximadamente 20,000 horas en servicio continuo.
Rango de temperatura	Operación: 0°C-40°C Almacenamiento: -10°C-60°C
Masa	140g aprox.

\* Excluye el error de cuantización.

#### **5.7.8.- RECOMENDACIONES DE USO DEL RELOJ PALPADOR.**

- No desarme ni modifique este instrumento.
- No use lápiz eléctrico para marcar el indicador, se pueden dañar las partes eléctricas.
- Para limpiar el instrumento, use un paño suave humedecido con detergente neutral diluido, no use ningún solvente orgánico (thiner o bencina), puede deformar o dañar el instrumento.
- El husillo sucio puede causar mal funcionamiento. Límpielo con un paño humedecido con alcohol, luego límpielo con un paño humedecido con un poco de aceite de baja viscosidad.
- Si el instrumento no se usa por 3 meses o mas, quite la batería del mismo y guárdela separada. De lo contrario, se puede ocasionar fugas de líquido que pueden dañar el instrumento.



## 5.8.- CAÑERÍAS Y NEPLOS DE CONEXIÓN.

Las cañerías o mangueras son un elemento excelente y necesario para conducir el aire comprimido de los sistemas neumáticos, Figura 5.39. En este grupo de productos podemos encontrar desde líneas de interconexión en sistemas de frenos, hasta líneas de instrumentación y control utilizadas en las diferentes industrias.

Las mangueras son libres de mantenimiento y son altamente flexibles y ligeras, con un bajo nivel de absorción de humedad, lo cual le permite mantener un alto grado de limpieza en los diferentes sistemas en que se utiliza, es recomendada para usarse en los sistemas neumáticos de las diferentes industrias:

- Química y Petroquímica.
- Construcción.
- Alimenticia.
- Maderera y papelera.
- Petróleo.
- Farmacéutica.
- Automotriz.



Figura 5.39. Mangueras neumáticas.

### 5.8.1.- MANGUERAS INDUSTRIALES.

Las mangueras para aplicaciones de instrumentación y control, así como para usos generales de tipo industrial, están clasificadas en dos grupos, Figura 5.40.

#### **5.8.1.1.- Tubing lineal.**

Usada para en líneas de conexión de instrumentación y control de plantas industriales, en donde se requiere un medio de conducción seguro, ligero, resistente y flexible, de aire comprimido y algunos otros fluidos.

Estas mangueras son fabricadas en materiales de nylon y polietileno, en diámetros milimétrico y estándar; desde 4mm hasta 12 mm y de 1/8 hasta 5/8., respectivamente.

Son excelentes conductores de aire, y altamente recomendados por su flexibilidad, estabilidad dimensional, bajo peso, resistencia al deterioro por elementos ambientales. Para aplicaciones de líneas de señal y de trabajo, en plantas con sistemas automatizados y robotizados a base de aire.

#### **5.8.1.2.- Manguera retráctil.**

Los ensambles de manguera nylon retráctil, para diferentes usos en plantas industriales, son ensambles de manguera que cumplen con requerimientos de OSHA (color amarillo) y que están fabricados en tamaños de ¼, 3/8.

Las características principales de estas son:

- Buena resistencia a algunos químicos, gasolina, aceite y grasas.
- Baja absorción de humedad.
- Fabricada con Nylon resistente a la corrosión y abrasión.
- Buena estabilidad dimensional, lo cual le evita hincharse bajo presión.
- Excelente memoria de enrollamiento.
- Económica y de fácil manejo, permitiendo máximo flujo de aire

Las aplicaciones principales de estos ensambles, son entre muchos otros, para herramientas y equipos que se accionan con aire, tales como: Engrapadoras, Pistolas de Sopleteo, Desatornilladores, Remachadoras,

Lijadoras, Pistolas de aplicación para Pintura, Taladros, Cilindros de Aire, Grúas, etc.



**Figura 5.40. Mangueras industriales.**

### **5.8.2.- MANGUERAS AUTOMOTRICES.**

Para la utilización en vehículos de servicio pesado y de transporte, se utilizan mangueras de frenos de aire retráctil y tipo tubing. La manguera retráctil de frenos, es un elemento excelente para la interconexión del sistema de frenos entre el tracto camión y el remolque. Esta manguera cumple con los requerimientos de DOT y esta fabricada conforme a la norma SAE J844.

El tamaño estándar de los ensambles de esta manguera es de ½" de diámetro. De manera general, podemos enumerar las características más sobresalientes de este tipo de manguera:

- Altamente flexible y ligera.
- Libre de mantenimiento.
- Resistente a combustibles (moderado), grasa, aceite y condiciones atmosféricas.
- Buena estabilidad dimensional que evita el inflado bajo presión.
- Excelente capacidad retráctil.
- Diseño apropiado a la aplicación que permite su fácil instalación.
- Excelente resistencia a la corrosión.
- Cumple con requerimientos SAE J246.

Las mangueras de tipo tubing son fabricadas en forma convencional lineal y sirven para las interconexiones entre todos los puntos del chasis y la cabina de mando, de camiones y autobuses. Esta manguera esta fabricada en diámetros desde 1/8" hasta 3/4", los tamaños pequeños no tienen refuerzo de textil (hasta 5/16"), los tamaños grandes tienen refuerzo de textil (desde 3/8"). Este tipo de mangueras son fabricadas en diferentes colores como son: negro, rojo, azul, gris, blanco, amarillo café, verde y naranja, Figura 5.41.

Estas mangueras son altamente resistentes a la abrasión, combustibles y condiciones atmosféricas. Proporcionan alta seguridad debido a lo importante de su aplicación y es capaz de soportar presiones constantes de 200 PSI.



**Figura 5.41. Manguera automotriz.**

## **5.9.- ELABORACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO.**

En este capítulo nos enfocaremos específicamente a lo que es la construcción del Banco De Calibración de los Inyectores Cummins Top Stop.

Una vez escogidos todos los materiales y después de conocer todas sus características procedemos al corte de los mismos.

Como primer paso se procede al corte de los ejes de 4 cm de diámetro los que nos servirán como columnas para ubicar los demás elementos, son del tipo de acero 704, este acero posee la particularidad de ser de alta dureza tiene un porcentaje de carbono menor al 2%, siendo un metal soldable. La longitud

de corte es de 80cm el cual se lo realizo con el tipo de suelda GMAW, figura 5.42.



**Figura 5.42. Columnas del banco.**

Como segundo paso se realizo la base del banco esta base es de acero del tipo canal con una longitud de 34cm de largo por 8cm de ancho y una altura 4cm. Es de una aleación baja de carbono y se realizaron dos perforaciones de 44mm de diámetro para la sujeción de los dos ejes o columnas. Una vez sujeto los ejes se procedió a soldarlos, el tipo de suelda que se utilizo es SMAW, el tipo de electrodo usado es el E6011. Y la posición de suelda es 2G figura 5.43.



**Figura 5.43. Base del Banco Cummins.**

En la figura 5.44 podemos ver que una vez sujeta la base y los ejes se realizó una perforación en el centro de la base para la colocación de un perno de 7/8 de pulg. En éste se sujetará una tuerca de la misma medida con un ángulo de chaflán de 60° aproximadamente en la parte superior, dicha tuerca servirá posteriormente para sujetar el inyector y la vez presionara el mismo contra una base construida específicamente con la forma del inyector en la parte superior.



**Figura 5.44. Perno de sujeción para el inyector.**

Una vez tomadas todas las medidas del inyector y verificas sus características se realizó la construcción de la base del mismo figura 5.45, la cual esta compuesta por bases de platina de 34cm de largo por 8cm de ancho y una altura de 8.5cm, en el centro de esta base se realizó una perforación de 3.6cm de diámetro se la reforzó con una platina de 4mm de espesor y posteriormente se realizó en la parte frontal un corte 1 cm a cada lado tomando como referencia el centro de la base y el perno anteriormente ubicado en la base.

De igual manera se realizó el reforzamiento de las paredes con una platina de 4mm este proceso fue el más complejo y exacto por la forma que tiene el inyector ya que esta base es la que sujetara al inyector para su respectiva calibración ver figura 5.46.



**Figura 5.45. Base de sujeción para el inyector.**



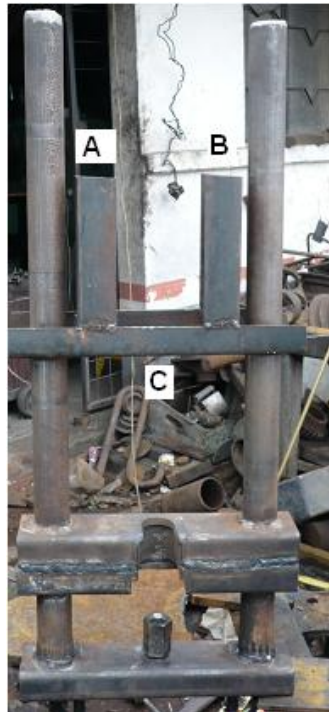
**Figura 5.46. Ubicación y soporte del inyector.**

A continuación realizamos la base en donde irá montado el cilindro neumático el cual por medio de la presión de aire que es de 140psi, realizará el trabajo de accionar el resorte del plunger del inyector. En la figura 5.47 podemos ver que la base está formada por dos platinas de tipo canal, de acero de baja aleación con medidas iguales de 34cm de largo por 15cm de ancho y una altura de 4cm cada una (A-B).

En la platina de la base inferior (C) se realizó una perforación de 10mm de diámetro además de un corte de 10mm de largo tomando en cuenta la forma de la parte inferior del cilindro neumático.

Para su montaje se realizaron tres perforaciones de 3/8 de pulg. Y posterior acoplamiento del cilindro con la base, asegurando de esta forma la estabilidad del mismo.

La tapa superior posee un agujero en el centro para la adaptación de un mecanismo que nos permita maniobrar la altura de dicha base.



**Figura 5.47. Base para montaje del cilindro.**

El mecanismo para la regulación de la altura del cilindro consta de un tornillo sin fin de 1 pulgada de diámetro por 8 pulgadas de largo, acoplado a un rodamiento del tipo 2063 soldado en la tapa superior de la base del cilindro, el cual nos permite regular la altura y la posición del vástago del cilindro para la correcta ubicación y acople entre el cilindro y el inyector, la podemos visualizar en la figura 5.48.





**Figura 5.48. Mecanismo de regulación de la altura del cilindro.**

Una vez construida la base en donde se sujetara el cilindro neumático se realizó el ensamblaje de estos elementos para su respectiva comprobación de funcionamiento verificando que el mecanismo de tornillo sin fin cumpla su objetivo y no interfiera en el funcionamiento del cilindro neumático.

Como el sistema de tornillo sin fin se acopla correctamente, el siguiente paso es el de instalar todos los elementos complementarios que van sujetos al cilindro neumático.

Una varilla de acero con una perforación roscada en su interior para poder colocarla o retirarla según sea la necesidad, la cual nos permitirá hacer una conexión directa entre el cilindro y el inyector para su posterior calibración.

En la figura 5.49 se observa el cilindro montado en su base, así como también el vástago alargado (A).



**Figura 5.49. Mecanismo del cilindro neumático.**

Una vez ensamblados todos los componentes estructurales y mecánicos en la base del banco, nuestro siguiente paso es el de elaborar la parte frontal del mismo en donde se ubicarán los mandos de accionamiento y otros implementos necesarios, figura 5.50.



**Figura 5.50. Parte frontal del banco.**

Una vez concluida la construcción de la estructura metálica del banco, procedemos a pintarlo para posteriormente continuar con la colocación de los demás componentes que conforman el banco de calibración de inyectores figuras 5.51, 5.52.



**Figuras 5.51., 5.52. Estructura del banco pintada.**

EL siguiente paso a seguir fue el de colocar todos los demás componentes del banco como son el manómetro el cual nos indica que presión de aire existe en el sistema neumático un regulador de presión el cual nos permite regular la presión de aire requerido para el accionamiento del cilindro neumático .

Una válvula de accionamiento para poder accionar el pistón neumático y por último el elemento más importante e imprescindible reloj comparador digital el cual nos dará la lectura del recorrido al cual se encuentran cada uno de los inyectores sea este Top Stop o el inyector hidráulico conocido también como STC.

En la figura 5.53 podemos visualizar la estructura del banco de calibración de inyectores Cummins terminada.



**Figura 5.53. Estructura del banco terminada.**

El último paso realizado es la adaptación de todos los elementos que conforman el banco como es la base de datos electrónica y la sujeción firme del mismo banco sobre una mesa de trabajo en la figura 5.54 podemos observar el banco terminado en su totalidad.



**Figura 5.54. Banco de calibración Cummins terminado.**

## 5.10.- ADAPTACIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO EN EL BANCO.

La adaptación del sistema electrónico consta en implementar una base de datos la cual contiene toda la información de los diferentes tipos de inyectores CUMMINS. Cabe recalcar que toda esta información se refiere únicamente a los inyectores del tipo Top Stop y los inyectores hidráulicos STC, figuras 5.55, 5.56.



**Figura 5.55. Inyector Top Stop.**



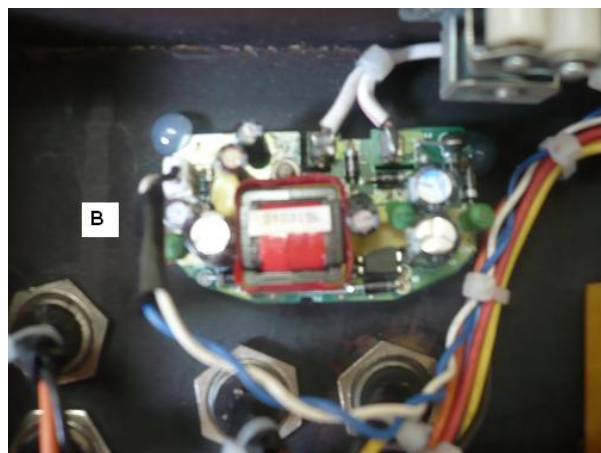
**Figura 5.56. Inyector STC.**

Esta base de datos fue diseñada específicamente para la obtención de datos de calibración de cada uno de los inyectores de una manera rápida y eficiente omitiendo de esta manera el uso de catálogos de calibración con lo cual el técnico calificado para la calibración de este tipo de inyectores únicamente tendrá que ingresar el número del plunger del inyector. Este número viene marcado en la parte intermedia del plunger. También se puede obtener los datos de calibración mediante el ingreso del número del cuerpo del inyector este número está marcado en la parte intermedia del inyector se lo puede identificar rápidamente ya que se encuentra en la parte exterior del mismo cualquiera sea el tipo del inyector.

Esta base de datos fue construida con elementos electrónicos fundamentales como son un LCD de 20\*4, figura 5.57 (A), el cual nos permitirá visualizar todos los datos del inyector a calibrar, además de un regulador de voltaje, figura 5.58 (B), el cual nos permitirá regular el voltaje a 5 voltios con una conexión a 110 voltios, ya que todos los elementos electrónicos de nuestra base de datos trabajan con 5V. Consta también de un microcontrolador, el 16F877, figura 5.59 (C), en el cual se encuentra almacenado todo el programa que contiene la información de calibración de los inyectores, Consta de cuatro pulsadores mediante los cuales se ingresaran los códigos numéricos de los inyectores, figura 5.60 (D), y además consta de todos los elementos protectores necesarios para la conexión entre todos ellos como son resistencias, condensadores, etc., figura 5.61.

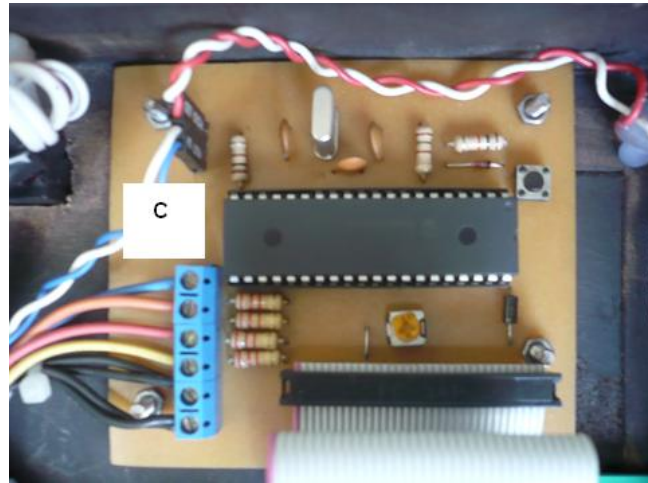


**Figura 5.57. Pantalla LCD.**

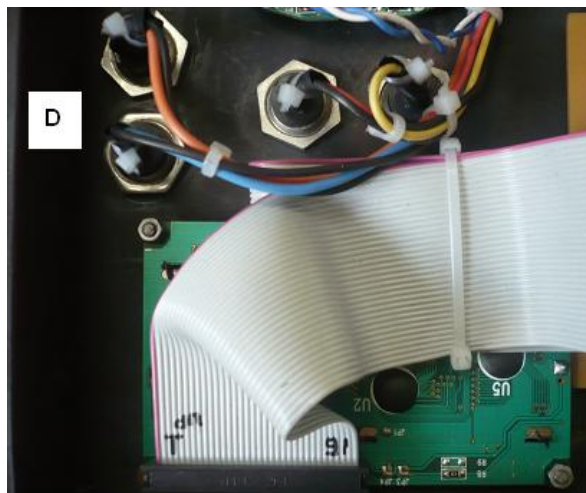


**Figura 5.58. Regulador de voltaje.**





**Figura 5.59. Microcontrolador.**



**Figura 5.60. Pulsadores.**



**Figura 5.61. Circuito completo.**

Se arma todos los componentes en una caja de madera y posteriormente se sujeta sobre la mesa del banco en una base metálica previamente elaborada. De esta manera la parte electrónica pasa a formar parte del banco para la calibración de inyectores CUMMINS, figura 5.62.



Figura 5.62. Adaptación de la parte electrónica en el banco.

#### 5.11.- HERRAMIENTAS NECESARIAS PARA LA CALIBRACIÓN DE INYECTORES PT.

En la calibración de inyectores Cummins PT, es necesaria la utilización de diferentes herramientas, las cuales nos facilitarán el trabajo y determinarán el correcto apriete de las tuercas de los inyectores. Para el efecto se dispone de un conjunto de herramientas únicas y específicamente diseñadas para el trabajo de calibración de inyectores CUMMINS. Este tipo de herramientas no se encuentran en el mercado, por lo que necesariamente se tuvo que diseñarlas y construir las tomando las medidas de los inyectores.



### **5.11.1.- LLAVE DE AJUSTE DE LA TUERCA DE TOPE SUPERIOR DEL INYECTOR.**

Esta herramienta nos permite realizar el ajuste o desajuste de la tuerca que sirve como tope para el resorte del inyector. Variando el ajuste de dicha tuerca se obtiene mantener la calibración para el recorrido del plunger.

En la figura 5.63 se muestra la llave de ajuste de la tuerca de tope superior, la cual se elaboró a partir de una llave de corona 9/16 pulg., se esmeriló hasta que tome la forma de la tuerca interna del inyector, figura 5.64.



**Figura 5.63. Llave de ajuste de la tuerca de tope superior.**



**Figura 5.64. Tuerca de tope superior del inyector.**

### **5.11.2.- LLAVE DE AJUSTE DE LA CONTRATUERCA DEL INYECTOR.**

Esta herramienta nos permite realizar el apriete correspondiente a la tuerca externa del inyector, figura 5.65, una vez ubicado el punto exacto de la calibración, soporta el torque de 40 lbs., de ajuste y debe ser apretada con extremo cuidado para no alterar la calibración de la tuerca interior de tope superior del resorte.

Está elaborada de un dado de  $1\frac{7}{8}$  pulg., cortada y soldada a una base de acero para obtener su forma especial, de acuerdo a la especificación original, figura 5.66.



**Figura 5.65. Contratuerca externa del inyector.**



**Figura 5.66. Llave de ajuste para la contratuerca del inyector.**

### **5.11.3.- VARILLAS DE ACOPLER PARA EL PLUNGER.**

Estas herramientas especiales nos ayudan a acoplar el vástago del cilindro neumático con el plunger del inyector, de esta manera obtenemos ubicar el punto exacto de partida para tomar la lectura acerca del recorrido del plunger.

Estas varillas están diseñadas de tres medidas distintas, de acuerdo con el tipo de inyector y su ubicación en el banco tenemos, varilla para el STC DE 3 cm de largo por 1cm de diámetro figura 5.67, varilla para el STC de 12 cm de largo por 0.8 cm de diámetro figura 5.68 y la varilla para el Top Stop de 7 cm de largo por 1 cm de diámetro figura 5.69.



**Figuras 5.67.-5.68. Varillas de acople para el inyector STC.**



**Figura 5.69. Varilla de acople para el inyector Top Stop.**

#### **5.11.4.- LLAVES PARA EL AJUSTE DEL INDICADOR DE ALTURA.**

Estas herramientas nos ayudan a regular la posición del indicador de altura, figura 5.70, el cual actúa sobre el husillo del reloj comparador y se desplaza juntamente con el vástago del cilindro, tomando la medida del recorrido del plunger. Vienen en medidas de 6 y 8 mm, figura 5.71.



**Figura 5.70. Indicador de altura.**



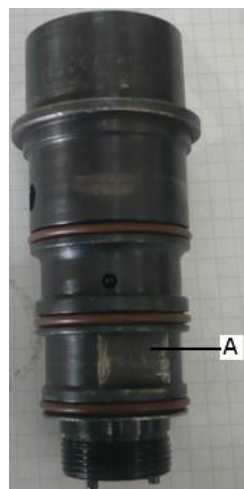
**Figura 5.71. Llaves de ajuste del indicador de altura.**

### **5.11.5.- LLAVE PARA LA SUJECIÓN DEL INYECTOR.**

Es una herramienta especialmente diseñada para lograr sujetar el inyector sobre el banco, para impedir que se mueva circularmente y provoque un error en la calibración y posterior ajuste de la tuerca externa del inyector, figura 5.72. Esta llave va ubicada alrededor del inyector en unas ranuras que posee sobre su cuerpo, figura 5.73 (A).



**Figura 5.72. Llave para la sujeción del inyector.**



**Figura 5.73. Ranuras de sujeción del inyector.**

## **5.12.- CONJUNTO DE ACCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS.**

El banco de calibración de inyectores CUMMINS es muy sencillo en su operación, e identificación de componentes por contar con elementos de uso común en el campo de la mecánica.

Básicamente el conjunto de accionamiento del banco dispone de tres sistemas de operación que trabajan entre si, Fig. 5.74.

El sistema neumático, que nos proporciona el aire comprimido necesario para poder mover al cilindro neumático de simple efecto con el cual se actúa sobre el resorte del plunger en el inyector PT.

Este sistema consta de:

- Fuente de alimentación de aire, A.
- Cañerías de circulación de aire, B.
- Regulador de presión de aire del sistema, C.
- Manómetro, D.
- Válvula de accionamiento del cilindro, E.
- Cilindro de simple efecto, F.

El sistema mecánico, que nos ayuda a localizar la altura necesaria del cilindro de simple efecto, así como también el punto inicial o punto "0" de donde se va a tomar la lectura del recorrido del plunger en el inyector. Este sistema nos ayuda también a efectuar la regulación de la altura del resorte en el inyector mediante el seguro en el vástago del cilindro.

Este sistema consta de:

- Regulador de altura para el cilindro de simple efecto, G.
- Indicador de altura del resorte del inyector, H.
- Seguro para el vástago del cilindro, I.
- Tuerca de sujeción para el inyector PT, J.

El sistema electrónico, que nos ayuda a verificar los datos de cada inyector, sin la necesidad de utilizar catálogos, si no con el simple ingreso del numero del inyector en la base de datos. Además dentro de este sistema consta el reloj

comparador digital MITUTOYO, que representa una herramienta muy eficiente dentro de la verificación del recorrido y ajuste del plunger en el inyector PT.

Este sistema consta de:

- Fuente de alimentación de energía (110 V), K.
- Modulo electrónico, L.
- Visualización de información en pantalla LCD, M.
- Reloj comparador digital, N.



Figura 5.74. Conjunto de operación del banco CUMMINS.

### 5.13.- CUADRO DE MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS.

Tabla V.3. Cuadro de mantenimiento del banco de pruebas.

SISTEMA	TIEMPO DE TRABAJO (aprox.)	OPERACIÓN

MECÁNICO		1 Semana	Engrasar el regulador de altura del cilindro. Engrasar los bujes del mecanismo regulador.
		1 Mes	Revisar pernos del volante de regulación de altura.
NEUMÁTICO		2 Semanas	Revisar y reemplazar uniones, acoples y mangueras en caso de fuga.
		2 Meses	Desmontar el cilindro, reparar o reemplazar.
		1 Mes	Desmontar y revisar la válvula de accionamiento.
		1 Semana	Revisar el regulador.
E L E	MÓDULO	Diario	Mantener cubierto y fuera de la humedad. No conectar a fuente mayor de 110 V. Proteger la pantalla LCD.

C T R Ó N I C O	RELOJ COMPARADOR	Diario	<p>Limpie el instrumento, con un paño suave humedecido con detergente.</p> <p>Limpie el husillo con un paño humedecido con alcohol, luego límpielo con un paño humedecido con un poco de aceite de baja viscosidad.</p> <p>Si el instrumento no se usa por 3 meses o mas, quite la batería.</p>
--------------------------------------	---------------------	--------	---

## VI. CAPITULO

### PRACTICAS EN EL BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES CUMMINS PT.

#### 6.1.- PRACTICA 1. FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS.

##### **HERRAMIENTAS:**

- Ninguna.

##### **MATERIALES:**

- Guaípe limpio.
- Fuente de alimentación 110 V.
- Abastecimiento de aire comprimido.

##### **CONDISIÓN DEL EQUIPO:**

- Banco de calibración de inyectores en buen estado.

##### **PROCEDIMIENTO, figura 6.1:**



### **Parte Mecánica.**

- 1.- Revise la fuente de aire para el sistema neumático.
- 2.- Conecte el acople del banco a la fuente de aire comprimido, A.
- 3.- Asegúrese que el regulador de aire se encuentre totalmente cerrado, B.
- 4.- Revise que la válvula de accionamiento se encuentre en OFF, C.
- 5.- Revise que el reloj comparador se encuentre en OFF, D.
- 6.- Asegúrese de que el husillo del reloj comparador no se encuentre en contacto con el indicador de altura, E.
- 7.- Abra la llave de paso de aire lentamente hasta su totalidad.
- 8.- Regule la presión del sistema a 140 PSI.
- 9.- Accione la válvula a ON.
- 10.- Observe el desplazamiento del vástago del cilindro, junto con el indicador de altura, F.
- 11.- Observe algún mal funcionamiento o fuga de aire en el sistema.
- 12.- Mueva la válvula hacia OFF.
- 13.- Repita los pasos 10, 11, 12 varias veces hasta asegurarse de un buen funcionamiento del banco.
- 14.- Mueva el regulador de altura del cilindro hacia arriba y abajo para asegurarse de que no exista interrupciones, G.
- 15.- Cierre el regulador de presión hasta que el manómetro indique 0 PSI.
- 16.- Cierre la llave de paso del sistema de aire.
- 17.- Desconecte el acople del banco del sistema de aire comprimido.
- 18.- Asegúrese de dejar el banco de calibración en buen estado para realizar las prácticas siguientes.

### **Parte Electrónica.**

- 1.- Revise de que todos los interruptores se encuentren en OFF, H.
- 2.- Conecte el cable de alimentación a la fuente de 110 V.
- 3.- Encienda el interruptor del módulo electrónico, I.
- 4.- Revise el funcionamiento del módulo ingresando algún dato de prueba.
- 5.- Apague el interruptor de encendido.
- 6.- Desconecte el cable de alimentación de la fuente de 110 V.



Figura 6.1. Prueba del banco de calibración.

#### CONCLUSIONES:

- El banco de calibración de inyectores CUMMINS es muy sencillo en su operación y funcionamiento.
- Para realizar esta práctica no necesitamos de herramientas.
- En esta práctica tampoco se utiliza el reloj comparador.

#### RECOMENDACIONES:

- Es importante reconocer todos los elementos del banco antes de realizar cualquier prueba.
- Se debe revisar el estado inicial de la máquina para evitar accidentes en caso de mal funcionamiento.
- Evite el contacto del husillo del reloj comparador si no se va a trabajar con los inyectores.
- Antes de manipular la máquina debe estar seguro de conocer perfectamente su operación y funcionamiento.
- Antes de desconectar las fuentes de aire y energía debe asegurarse de poner todos los interruptores y válvulas en apagado.

- La limpieza del banco es muy importante para el buen funcionamiento del mismo, por eso es importante dejar completamente limpia la máquina luego de cada práctica.

## **6.2.- PRACTICA 2. RECONOCIMIENTO Y DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL INYECTOR CUMMINS PT.**

### **HERRAMIENTAS:**

- Herramientas especiales CUMMINS.
- Llave de pico.
- Tornillo de banco.

### **MATERIALES:**

- Solvente de limpieza.
- Limpiador de tela.
- Gasóleo.

### **CONDICIONES DEL EQUIPO:**

- Los inyectores deben estar limpios.
- En lo posible se debe disponer de inyectores con todos sus elementos.

### **PROCEDIMIENTO:**

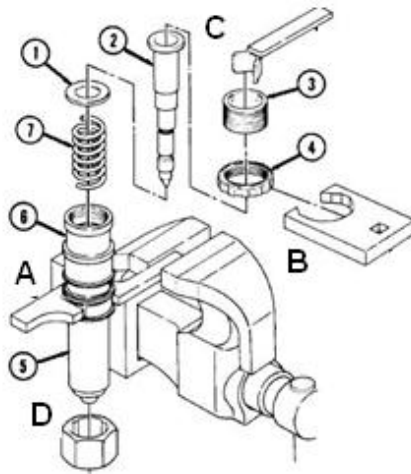
#### **Desarmado de los inyectores:**

1. Limpie el exterior de lo inyectores con el solvente de limpieza, figura 6.2.



**Figura 6.2. Inyectores.**

2. Instale la llave del cuerpo del inyector en el tornillo de banco, figura 6.3, A.
3. Coloque la llave de contratuerca encima de la contratuerca y aflójela, B.
4. Coloque la llave en el tornillo de ajuste y aflójelo, C.
5. Quite el tornillo (3) y la contratuerca (4) del inyector (6).
6. Quite el émbolo (2) del inyector (6).
7. Quite el tope del resorte (1) y el resorte del émbolo (7) del inyector (6).
8. Usando la llave retenedora de copa, afloje la copa retenedora (5), D.



**Figura 6.3. Desarmado del inyector.**

9. Quite el inyector (6) y la llave del cuerpo del inyector del tornillo de banco.

#### **Inyector Top Stop:**

11. Quite la copa retenedora (5) del adaptador (9).
12. Quite la copa del inyector (8) del adaptador (9).
13. Retire la cuba del inyector (10) y el adaptador (9) juntos y asiéntelos en forma vertical en una tela limpia.
14. Incline la cuba del inyector (10) hasta que la bola caída fuera.
15. Quite los tres arosellos (11) del adaptador (9), figura 6.4.



**Figura 6.4. Elementos del inyector Top Stop.**

**Inyector hidráulico o STC:**

16. Quite la copa retenedora (12) del adaptador (13).
17. Quite la copa del inyector (14) del adaptador (13).
18. Retire la cuba del inyector (15) asiéntela en una tela limpia.
19. Incline la cuba del inyector (15) hasta que la bola caída fuera.
20. Quite los tres arosellos (16) del adaptador (13). Separe los arosellos.
21. Retire la contratuerca (17) del taqué hidráulico.
22. Retire la tuerca de ajuste (18) del taqué hidráulico.
23. Quite el taqué hidráulico (19) del inyector.
24. Quite la varilla de empuje (20) del taqué.
25. Retire el plunger (21) del inyector.
26. Retire la arandela de sujeción (22) del inyector.
27. Desmonte la tuerca de regulación (23) del resorte del inyector.
28. Retire la contratuerca (24) del tope superior del inyector, figura 6.5.



Figura 6.5. Elementos del inyector hidráulico.

#### CONCLUSIONES:

- Los inyectores CUMMIS PT disponen de elementos sencillos y fácilmente instalables.
- El desarmado de los inyectores se realiza con la ayuda de un tornillo de banco para la sujeción y mejor manipulación.
- El armado de los inyectores es muy sencillo y rápido.

#### RECOMENDACIONES:

- En el momento de desarmar los inyectores se debe tener mucho cuidado de no extraviar ni de confundir los elementos con otros que no sean del inyector desarmado.

- La limpieza de los inyectores y sus elementos es muy importante para evitar daños internos.
- Se debe tratar en lo posible de manipular los elementos de los inyectores de sus bordes, pues las partes de contacto son muy sensibles a atrapar impurezas.

### **6.3.- PRACTICA 3. PRUEBAS Y CALIBRACIÓN DEL INYECTOR.**

#### **HERRAMIENTAS:**

- Herramientas especiales CUMMINS.
- Banco de calibración para inyectores de tope superior.
- Enlace del émbolo del Inyector.
- Herramienta de ajuste del inyector.
- Llave de contratuerca del Inyector.
- Llave de torque de 3/8 in.
- Llave de pico.
- Playo.

#### **MATERIALES:**

- Guaípe limpio.

#### **CONDICIONES DEL EQUIPO:**

- Los inyectores CUMMINS deben estar en buen estado y limpios.
- Banco de calibración en buen estado.
- Suministro de aire eficiente y de buen abastecimiento.

#### **PROCEDIMIENTO:**

1. Coloque la llave de abastecimiento de aire del sistema totalmente abierta.
2. Abra el regulador de presión.

**Nota:** El ajuste de la presión de aire debe ser mantenido durante todo el procedimiento del ajuste.

3. Gire la perilla de ajuste de presión hasta 140 psi.

4. Coloque el reloj comparador e interruptores de energía del módulo electrónico en la posición ON.
5. Prepare el inyector de combustible con sus tuercas totalmente flojas.
6. Ingrese en el módulo el número grabado en el plunger del inyector o del cuerpo del mismo según sea el caso.
7. Observe la información mostrada en la pantalla y compárela con el inyector, obtenga el valor de calibración que pertenece a dicho inyector.
8. Instale en las ranuras de suministro de combustible la llave de sujeción del inyector.
9. Instale la conexión de émbolo de inyector (varilla de empuje del émbolo), en el inyector del combustible.
10. Instale el inyector de combustible en el banco, coloque fijamente y en el centro de la tuerca de paro. Utilizando la llave de pico y apriete.
11. Baje el regulador de altura del cilindro hasta la posición "MAS BAJA".
12. Coloque el indicador de recorrido en contacto con el husillo del reloj y listos para desplazarse.
13. Presione el botón selector i/m (pulgada/milímetro) del reloj hasta que "in" sea mostrado.
14. Encere el comparador.
15. Presione el botón selector de dirección en el indicador digimatic, hasta que se despliegue "rev".
16. Mueva la válvula de accionamiento hasta "ON" y espere 3 segundos hasta que el reloj despliegue la lectura del recorrido.

**Nota:** El indicador del reloj comparador mostrará el recorrido del émbolo como un número negativo.

Para inyectores que han sido quitados de un motor o verificados de un banco a otro, la tolerancia de rechequeo de campo es +- 0,0030 pulg., 0,0762 mm del nominal.

Realice los pasos 17, 18, 19 y 20 si el recorrido del émbolo es incorrecto.

17. En la posición hacia abajo, ubique el seguro del vástago del cilindro.
18. Encere el reloj comparador.



19. Afloje el regulador de altura, hasta que el comparador indique la medida de calibración obtenida en la base de datos.
20. Utilizando la herramienta de ajuste, gire la tuerca del tope superior en el inyector del combustible hasta que se asiente sobre la arandela del resorte.
21. Usando la llave de la contratuerca, aprieta la contratuerca de inyector (40 N-m).

**Nota:** Reexamine el recorrido del émbolo otra vez para asegurar que no cambió cuando la contratuerca del inyector del tope superior fue torquada. Realice los pasos del 22 al 24 para chequear el recorrido del émbolo.

22. Libere la presión, válvula de accionamiento en “OFF”.
23. Retire el seguro del vástago del cilindro.
24. Baje el regulador de altura del cilindro hasta la posición “MAS BAJA”.
25. Encere el reloj y tome la lectura del recorrido del émbolo. Repita los pasos 17 al 21 para ajustar la tuerca del tope superior si el recorrido del émbolo está incorrecto.
26. Coloque la válvula de accionamiento el “OFF”.
27. Levante el regulador de altura del cilindro.
28. Utilizando la llave de pico, afloje la tuerca de parada y quite el inyector de combustible de la instalación del banco de calibración.
29. Quite la llave del cuerpo del inyector y la conexión del émbolo del inyector del combustible (varilla de empuje).

#### **6.4.- PRACTICA 4. VERIFICACIÓN Y COMPROBACIÓN DEL INYECTOR.**

##### **HERRAMIENTAS:**

- Banco de calibración para inyectores de tope superior.
- Enlace del émbolo del Inyector.
- Llave de pico.

##### **MATERIALES:**

- Guaípe limpio.

## **CONDICIONES DEL EQUIPO:**

- Los inyectores CUMMINS deben estar en buen estado y limpios.
- Banco de calibración en buen estado.
- Suministro de aire eficiente y de buen abastecimiento.

## **PROCEDIMIENTO:**

1. Coloque la llave de abastecimiento de aire del sistema totalmente abierta.
2. Abra el regulador de presión.
3. Gire la perilla de ajuste de presión de aire hasta 140 psi.
4. Coloque el reloj comparador en la posición ON.
5. Instale en las ranuras de suministro de combustible la llave de sujeción del inyector.
6. Instale la varilla de empuje del émbolo, en el inyector del combustible.
7. Instale el inyector de combustible en el banco de calibración, coloque fijamente y en el centro de la tuerca de paro
8. Baje el regulador de altura del cilindro hasta la posición "MAS BAJA".
9. Coloque el indicador de recorrido en contacto con el husillo del reloj.
10. Encere el comparador.
11. Mueva la válvula de accionamiento hasta "ON", y observe la lectura del recorrido en el reloj comparador.
12. Reexamine el recorrido del émbolo una y otra vez para asegurar que no cambió la calibración del inyector.
13. Libere la presión de aire sobre el plunger, válvula de accionamiento en "OFF", una vez comprobada la correcta calibración del inyector.
14. Retire el inyector del banco de calibración y disponga de otro para realizar la siguiente calibración.

## **CONCLUSIONES:**

- La verificación de la calibración del inyector CUMMINS es muy importante por cuanto se debe torquear la contratuerca, y de esta manera se evita que la calibración cambie en el momento del ajuste.

- Todo inyector que se desee calibrar deberá ser colocado en el banco para verificar la calibración a la cual se encuentra inicialmente.
- Según sea el número del plunger y del cuerpo del inyector, la medida de calibración variara.

#### **RECOMENDACIONES:**

- Verificar la presión de aire en el sistema, por cuanto el descenso excesivo va a repercutir en el funcionamiento del banco.
- Al final de cada trabajo se debe realizar la comprobación en el ajuste de la contratuerca del inyector, por cuanto éste se encuentra sometido a altas cargas en el motor.

#### **6.5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

- Con el presente proyecto se desea lograr la correcta calibración y ajuste de los inyectores CUMMINS PT, con lo cual se logrará un buen funcionamiento del mismo y por ende la eficiencia del motor.
- La calibración del plunger es el mantenimiento principal que se debe dar a este tipo de inyectores, ya que de esto depende la correcta inyección del combustible en la cámara de combustión.
- La presión de inyección junto con el caudal entregado, son los parámetros esenciales para el correcto funcionamiento del motor.
- Mediante la calibración de los inyectores, juntamente con el correcto reglaje de la bomba de combustible se logra reducir las emisiones de gases contaminantes al ambiente.
- Mediante la calibración de los inyectores se logra controlar diferentes parámetros de funcionamiento en el motor como son, la temperatura, consumo de combustible, emisiones, potencia, etc.

#### **6.6.- PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.**

- El presente proyecto está enfocado única y especialmente en la calibración de inyectores CUMMINS PT, por consiguiente no se puede realizar trabajos que sean de otros sistemas.
- El banco de calibración está elaborado completamente con materiales fácilmente maquinables y soldables, con lo cual se logra una mayor exactitud en las medidas.
- El enfoque en el que nos basamos es la particular manera de realizar la calibración de este tipo de inyectores, con lo cual se quiere lograr la mayor comprensión del trabajo a realizar.
- Con la elaboración del banco de calibración esperamos mostrar claramente el mantenimiento que se debe hacer, y que, particularmente se hace en los laboratorios de bombas de inyección.
- El sistema de accionamiento del banco CUMMINS, así como sus elementos, son de exclusivo criterio de sus autores, ya que su fabricación exacta al original está fuera del alcance.
- La elaboración del banco de calibración demanda de una inversión significativa, pero por su utilización y aplicación bien vale la pena el gasto efectuado.

#### **6.7.- RECOMENDACIONES SOBRE LA CORRECTA UTILIZACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS Y MEDIDAS RECOMENDADAS EN CADA TIPO DE INYECTOR.**

- Se recomienda especialmente seguir los pasos para cada tipo de prueba que se desee realizar, por cuanto un mal manejo de la maquina puede producir un daño grave y costoso.
- Se debe tener en cuenta también el mantenimiento del banco de calibración para lo cual se dispone de un cuadro a seguir en el capítulo VI de este proyecto.

- Se recomienda no exceder la presión sobre el cilindro, ya que de lo contrario podría dañar al plunger o a todo el inyector.
- Se debe conectar el módulo electrónico a 110 V, de no ser así se puede provocar daños irreparables.
- Cuidar en manera particular el contacto que tenga el husillo del reloj comparador, tomando en cuenta siempre la posición inicial del indicador de altura, tanto en accionamiento como en reposo del cilindro; de no ser así se tiene el riesgo de romper el husillo además de dañar el reloj comparador.
- Se debe colocar el inyector en el banco bien fijamente para obtener medidas exactas y poder manipular las herramientas de ajuste, un pequeño movimiento en el momento de ajuste representa la variación en la lectura que tome el reloj.
- En general se debe tratar de mantener el banco de calibración de inyectores CUMMINS en buen estado y libre de suciedad y residuos.

#### 6.7.1.- MEDIDAS RECOMENDADAS EN CADA TIPO DE INYECTOR.

Tabla VI.1. Calibraciones para inyectores Top Stop.

Nº DE PLUNGER	Nº DE CUERPO	Nº DE COPA (TOBERA)	PRESIÓN DE INYECCIÓN (PSI)	CALIBRACIÓN (Plg.)
3018324	3018849	3012536	120	0.224
3018324	3018850	3012537	120	0.224
3018324	3018851	3012537	120	0.224
3018324	3018852	3012535	120	0.224
3018324	3018853	3012536	120	0.224
3018325	3018854	3012536	120	0.224
3018325	3018855	3012538	120	0.224
3018587	3019425	3012536	120	0.224
3018325	3019932	3018813	120	0.266
3018322	3020887	3006542	120	0.266
3018588	3020900	208423	120	0.266

3018324	3020963	3012537	120	0.266
3018324	3020964	3012536	120	0.266
3018324	3020965	3018861	120	0.266
3018324	3020966	3012537	120	0.266
3018325	3021679	3012536	120	0.266
3018325	3021680	3012536	120	0.266
3018325	3021756	3012538	120	0.266
3018322	3022155	3022154	120	0.266
3037292	3022196	3003932	120	0.266
3037292	3022197	3005963	120	0.266
3037292	3022198	3003932	120	0.266
3022968	3022268	3012536	120	0.266
3022968	3022269	3012538	120	0.266
3022968	3022270	3012538	80	0.266
3018324	3023006	3018813	120	0.166
3018324	3023007	3018813	120	0.166
3018324	3023008	3018814	120	0.166
3018324	3023009	3018813	120	0.166
3018324	3023010	3018813	120	0.166
3018324	3023011	3018814	120	0.166
3018324	3023012	3012536	120	0.166
3018324	3023013	3012536	120	0.166
3018324	3023014	3012537	120	0.166
3018324	3023015	3012536	120	0.166
3011965	3023016	3012537	120	0.166
3037292	3023035	3001314	80	0.166
3018366	3023233	3012537	120	0.166
3018779	3023243	3023216	120	0.224

3022968	3023554	3012538	120	0.224
3022968	3023557	3023556	120	0.222
3022968	3024147	3023556	80	0.266
3022368	3054233	3012536	120	0.224

**Tabla VI.2. Calibraciones para inyectores hidráulicos.**

<b>Nº DE PLUNGER</b>	<b>Nº DE CUERPO</b>	<b>Nº DE COPA (TOBERA)</b>	<b>PRESIÓN DE INYECCIÓN (PSI)</b>	<b>PRIMERA CALIBRACIÓN (Plg.)</b>	<b>SEGUNDA CALIBRACIÓN (Plg.)</b>
3052224	3058800	3001314	80	0.302	0.404
3053485	3059257	3049436	120	0.440	0.540
3053483	3059927	3059929	120	0.393	0.493
3052222	3062147	3052229	120	0.224	0.294
3062577	3062153	3058513	120	0.224	0.296
3052216	3063228	3063227	80	0.266	0.318
3052222	3064457	3018862	80	0.224	0.322

### **Referencias bibliográficas.**

- Motores Diesel y Sistemas de Inyección, Tomo III.
- Mecánica para Motores Diesel, Tomo I.
- Inyectores de Cummins - archivos del inyector A, archivos de la serie de N, chinahanji parts plant.htm.
- [www.cumminsingles2\\_archivos/default.htm](http://www.cumminsingles2_archivos/default.htm).
- [www.sweethaven02.com/Automotive01](http://www.sweethaven02.com/Automotive01).
- SweetHaven Publishing Services.

- [www.Microchip.com](http://www.Microchip.com)
- Dagel F. John, motores diesel y sistemas de inyección, segunda edición, tomo III.
- Miralles de imperial, Juan- motores diesel inyección y combustible, ed. CEAC, Barcelona.
- Detroit diesel GMC serie 53- manual de taller (manuales de servicio).
- López- manual de especificaciones diesel.
- Ed May, mecánica para motores diesel teoría mantenimiento y reparación, tomo II, México 1938.
- [www.cummins.com](http://www.cummins.com)
- [www.uamerica.edu.co](http://www.uamerica.edu.co)
- [www.fleetguard.com](http://www.fleetguard.com)
- [www.autocity.com](http://www.autocity.com)
- [www.filtercouncil.org](http://www.filtercouncil.org)

## **ANEXOS.**

### **Anexo A. ELABORACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO DE CALIBRACIÓN.**





**Armado de la base y soporte del inyector.**



**Elaboración de agujeros para los ejes del banco.**



**Armado del sistema de regulación de altura.**



**Terminado del banco y armado de componentes.**



**Acabados finales.**



**Banco de calibración terminado.**

## **Anexo B. DESARROLLO DEL PROGRAMA PARA EL INGRESO DE DATOS DEL INYECTOR.**

```
@ DEVICE WDT_OFF, LVP_OFF, BOD_OFF
PAUSE 2000; PARA QUE FUNCIONE LCD
'DEFINE OSC 12
adcon1=7; apagar comparadores de voltaje de puerto a
trisD=%11111110; D4'D7 Entradas de teclado
DEFINE LCD_DREG PORTB; DEFINE PINES DEL LCD AL PUERTO d
DEFINE LCD_DBIT 4; empezando desde B4 hasta B7
DEFINE LCD_RSREG PORTB; DEFINE PIN PARA CONECTAR RS DEL LCD
```

```

DEFINE LCD_RSBIT 2; en patita A1
DEFINE LCD_EREG PORTB; DEFINE PIN PARA CONECTAR E DEL LCD
DEFINE LCD_EBIT 3; en patita A0
DEFINE LCD_BITS 4
DEFINE LCD_LINES 4
'variables para teclado
boton1 var portD.4 ; tecla subir
boton2 var portD.5; tecla bajar
boton3 var portD.6; tecla derecha
boton4 var portD.7; tecla enter
high portd.1
tecla var byte; cual tecla aplasto
cont_display var byte; controlar ingreso de código display
cont_display=1
d1 var byte: d2 var byte: d3 var byte: d4 var byte: d5 var byte; #serie inyector
(30d1d2d3d4d5)
d_cambiar var byte; copio digito a modificar
d1=1:d2=1:d3=1:d4=1:d5=1:d_cambiar=0
parte2_iny var word; últimos 3 dígitos de la serie del inyector
parte1_iny var byte; 1 y 2 dígitos de la serie del inyector
parte21_iny var byte; SOLO USO PARA SUMA

serie_iny var word
    cpl var word
    top var word
    top1 var word
    cup var word
    psi var word
parte2_iny=0
parte1_iny=0
parte21_iny=0
serie_iny=0
enc_iny var byte

```

```

cero var byte
cpl_iny VAR WORD
parte2_cpl var word; últimos 3 dígitos de la serie del inyector
parte1_cpl var byte; 1 y 2 dígitos de la serie del inyector
parte21_cpl var byte; SOLO USO PARA SUMA
parte2_cpl=0
parte1_cpl=0
parte21_cpl=0
cpl_iny=0
refresh var byte
false var bit
inicio:
LCDOUT $FE, 1,"Escuela Politécnica"
LCDOUT $FE, $C4,"del Ejercito"
LCDOUT $FE, $97,"Ing. Automotriz"
PAUSE 3000
LCDOUT $FE, 1,"DATOS TECNICOS PARA"
LCDOUT $FE, $C3,"LA CALIBRACION"
LCDOUT $FE, $98,"DE INYECTORES"
PAUSE 3000
LCDOUT $FE, 1,"Realizado por:"
LCDOUT $FE, $C3,"Chicaiza Edwin"
LCDOUT $FE, $97,"Tutasig Hector"
LCDOUT $FE, $DC,"2008"
PAUSE 3000
principal:
refresh=0
"d1=1:d2=1:d3=1:d4=1:d5=1:d_cambiar=0
LCDOUT $FE, 1,"<< Datos Tecnicos >>"
LCDOUT $FE, $c0,"-----"
LCDOUT $FE, $94,"Elija el Inyector"
LCDOUT $FE, $d4,"No SERIE: 30", dec d1, dec d2, dec d3, dec d4, dec d5
LCDOUT $FE, $d4,"PLUNGER: 30", dec d1, dec d2, dec d3, dec d4, dec d5

```

```

principal_0:
cont_display=1
LCDOUT $FE, $dF: lcdout $FE, $0F; activar parpadeo de cursor
principal_1:
if cont_display=1 then d_cambiar=d1
if cont_display=2 then d_cambiar=d2
if cont_display=3 then d_cambiar=d3
if cont_display=4 then d_cambiar=d4
if cont_display=5 then d_cambiar=d5
gosub barrido_tecla
gosub antirebote
  if tecla=3 then
    lcdout $FE,$14;muevo cursor a la derecha
    CONT_DISPLAY=CONT_DISPLAY+1
    IF CONT_DISPLAY=6 THEN principal_0
    goto principal_1
  endif
  if tecla=1 then
    d_cambiar=d_cambiar+1
    if d_cambiar=10 then d_cambiar=0
    goto final_búsqueda
  endif
  if tecla=2 then
    d_cambiar=d_cambiar-1
    if d_cambiar=255 then d_cambiar=9
    goto final_búsqueda
    goto final_búsqueda
  endif
  if tecla=4 then
    lcdout $FE,$0C;apagar cursor
    parte2_iny=0
    parte1_iny=0
    parte21_iny=0

```

```

serie_iny=0
parte2_iny=d3*100
parte21_iny=d4*10
parte2_iny=parte2_iny+parte21_iny
parte2_iny=parte2_iny+D5
parte1_iny =D1*10
parte1_iny =parte1_iny+D2
serie_iny=parte1_iny*1000
serie_iny=serie_iny+parte2_iny
goto principal_2
endif

```

final\_busqueda:

```

LCDOUT dec d_cambiar
LCDOUT $FE,$10;muevo cursor a la izquierda
if cont_display=1 then d1=d_cambiar
if cont_display=2 then d2=d_cambiar
if cont_display=3 then d3=d_cambiar
if cont_display=4 then d4=d_cambiar
if cont_display=5 then d5=d_cambiar

```

GOTO principal\_1

principal\_2:

```
LCDOUT $FE,1
```

```
LCDOUT $FE,$C2,"buscando"
```

```
pause 500:LCDOUT "." :PAUSE 500:LCDOUT ".":PAUSE 500:LCDOUT "."
```

enc\_iny=0; bandera 0 no registro,1 un registro,2 varios registros

principal\_3:

seleccion:

cero=0

false=0

```
SELECT CASE serie_iny
```

```
CASE 52224
```

```
enc_iny=3
```

```
cpl=58800;top=302;top1=404:cup=55135:psi=80;caso con A
```



CASE 52222

enc\_iny=3

cpl=62147:top=224:top1=294:cup=47054:psi=80;caso con B

CASE 52216

enc\_iny=3

cpl=63228:top=266:top1=318:cup=58850:psi=80;caso con C

CASE 52222

enc\_iny=3

cpl=64157:top=224:top1=322:cup=47054:psi=120;caso con D

CASE 53483

enc\_iny=3

cpl=59927:top=393:top1=493:cup=53422:psi=0;caso con E

CASE 53485

enc\_iny=3

cpl=59257:top=440:top1=540:cup=53425:psi=0;caso con F

CASE 62577

enc\_iny=3

cpl=62153:top=224:top1=296:cup=58514:psi=0;caso con G

CASE 11965

enc\_iny=1

cpl=23016:top=166:cup=12537:psi=120

CASE 18322

enc\_iny=2

SELECT CASE cpl\_iny

case 20887

cpl=cpl\_iny:top=266:cup=06542:psi=120:cero=1:false=1

case 22155

cpl=cpl\_iny:top=266:cup=22154:psi=120:false=1

end select

CASE 18324

enc\_iny=2

SELECT CASE cpl\_iny

case 18849

cpl=cpl\_iny:top=224:cup=12536:psi=120:false=1  
case 18850  
cpl=cpl\_iny:top=224:cup=12537:psi=120:false=1  
case 18851  
cpl=cpl\_iny:top=224:cup=12537:psi=120:false=1  
case 18852  
cpl=cpl\_iny:top=224:cup=12535:psi=120:false=1  
case 18853  
cpl=cpl\_iny:top=224:cup=12536:psi=120:false=1  
case 20963  
cpl=cpl\_iny:top=266:cup=12537:psi=120:false=1  
case 20964  
cpl=cpl\_iny:top=266:cup=12536:psi=120:false=1  
case 20965  
cpl=cpl\_iny:top=266:cup=18861:psi=120:false=1  
case 20966  
cpl=cpl\_iny:top=266:cup=12537:psi=120:false=1  
case 23006  
cpl=cpl\_iny:top=166:cup=18813:psi=120:false=1  
case 23007  
cpl=cpl\_iny:top=166:cup=18813:psi=120:false=1  
case 23008  
cpl=cpl\_iny:top=166:cup=18814:psi=120:false=1  
case 23009  
cpl=cpl\_iny:top=166:cup=18813:psi=120:false=1  
case 23010  
cpl=cpl\_iny:top=166:cup=18813:psi=120:false=1  
case 23011  
cpl=cpl\_iny:top=166:cup=18814:psi=120:false=1  
case 23012  
cpl=cpl\_iny:top=166:cup=12536:psi=120:false=1  
case 23013  
cpl=cpl\_iny:top=166:cup=12536:psi=120:false=1

```
case 23014
  cpl=cpl_iny;top=166:cup=12537:psi=120:false=1
case 23015
  cpl=cpl_iny;top=166:cup=12536:psi=120:false=1
end select
CASE 18325
enc_iny=2
SELECT CASE cpl_iny
case 18854
  cpl=cpl_iny;top=224:cup=12536:psi=120:false=1
case 18855
  cpl=cpl_iny;top=224:cup=12538:psi=120:false=1
case 19932
  cpl=cpl_iny;top=266:cup=18813:psi=120:false=1
case 21679
  cpl=cpl_iny;top=266:cup=12536:psi=120:false=1
case 21680
  cpl=cpl_iny;top=266:cup=12536:psi=120:false=1
case 21756
  cpl=cpl_iny;top=266:cup=12538:psi=120:false=1
end select
```

```
CASE 18366
  enc_iny=1
  cpl=23233;top=166:cup=12537:psi=120
CASE 18779
  enc_iny=1
  cpl=23243;top=224:cup=23216:psi=120
CASE 18587
  enc_iny=1
  cpl=19425;top=224:cup=12536:psi=120
CASE 18587
  enc_iny=1
```

cpl=19425:top=224:cup=12536:psi=120

CASE 18588

enc\_iny=1

cpl=20900:top=266:cup=8423:psi=120:cero=2

CASE 37292

enc\_iny=2

SELECT CASE cpl\_iny

case 22196

cpl=cpl\_iny:top=224:cup=03932:psi=120:cero=1:false=1

case 22197

cpl=cpl\_iny:top=224:cup=05963:psi=120:cero=1:false=1

case 22198

cpl=cpl\_iny:top=266:cup=03932:psi=120:cero=1:false=1

case 23035

cpl=cpl\_iny:top=166:cup=01314:psi=80:cero=1:false=1

end select

case 22968

enc\_iny=2

SELECT CASE cpl\_iny

case 22268

cpl=cpl\_iny:top=266:cup=12536:psi=120:false=1

case 22269

cpl=cpl\_iny:top=266:cup=12538:psi=120:false=1

case 22270

cpl=cpl\_iny:top=266:cup=12538:psi=80:false=1

case 23554

cpl=cpl\_iny:top=224:cup=12538:psi=120:false=1

case 23557

cpl=cpl\_iny:top=222:cup=23556:psi=120:false=1

case 24147

cpl=cpl\_iny:top=266:cup=23556:psi=80:false=1

end select

end select

```

if enc_iny=1 then fin_inf
if enc_iny=3 then fin_inf
if enc_iny=2 then
    if refresh=1 then
        if false=0 then no_found
            pause 500
            goto fin_inf
        else
            goto sub_principal
        endif
    endif
endif
no_found:
LCDOUT $FE,$94,"NO disponible!"
pause 3000
goto principal
fin_inf:
if enc_iny=3 then
LCDOUT $FE,1,"Iny. Hidraulico"
PAUSE 2000
LCDOUT $FE,1,"I.Hid:30",dec serie_iny," psi:",DEC PSI
LCDOUT $FE,$C0,"No Cuerpo:30",DEC CPL
LCDOUT $FE,$94,"Cal1:.",DEC TOP," Cal2:.",dec top1
IF cero=0 THEN LCDOUT $FE,$d4,"Tobera No.:30",dec cup
IF cero=1 THEN LCDOUT $FE,$d4,"Tobera No.:300",dec cup
IF cero=2 THEN LCDOUT $FE,$d4,"Tobera No.:20",dec cup
else
LCDOUT $FE,1,">INY:30",dec serie_iny," psi:",DEC PSI
LCDOUT $FE,$C0,"No Cuerpo:30",DEC CPL
LCDOUT $FE,$94,"Calibracion: .",DEC TOP
IF cero=0 THEN LCDOUT $FE,$d4,"Tobera No.:30",dec cup
IF cero=1 THEN LCDOUT $FE,$d4,"Tobera No.:300",dec cup
IF cero=2 THEN LCDOUT $FE,$d4,"Tobera No.:20",dec cup
endif
endif

```

```

gosub barrido_tecla
gosub antirebote
if tecla=4 then
d1=1:d2=1:d3=1:d4=1:d5=1:d_cambiar=0
goto principal
endif
goto fin_inf
sub_principal:
d1=1:d2=1:d3=1:d4=1:d5=1:
LCDOUT $FE,1
LCDOUT $FE,$94,"----ahora elija----"
LCDOUT $FE,$d4,"No Cuerpo:30",dec d1,dec d2,dec d3,dec d4, dec d5
principal_0:
cont_display=1
LCDOUT $FE,$e0:lcdout $FE,$0F;activar parpadeo de cursor
principal_1:
if cont_display=1 then d_cambiar=d1
if cont_display=2 then d_cambiar=d2
if cont_display=3 then d_cambiar=d3
if cont_display=4 then d_cambiar=d4
if cont_display=5 then d_cambiar=d5

gosub barrido_tecla
gosub antirebote
  if tecla=3 then
    lcdout $FE,$14;muevo cursor a la derecha
    CONT_DISPLAY=CONT_DISPLAY+1
    IF CONT_DISPLAY=6 THEN principal1_0
    goto principal1_1
  endif
  if tecla=1 then
    d_cambiar=d_cambiar+1
    if d_cambiar=10 then d_cambiar=0

```

```

goto final1_busqueda
endif
if tecla=2 then
d_cambiar=d_cambiar-1
if d_cambiar=255 then d_cambiar=9
goto final1_busqueda
endif
if tecla=4 then
lcdout $FE,$0C;apagar cursor
parte2_cpl=0
parte1_cpl=0
parte21_cpl=0
cpl_iny=0
parte2_cpl=d3*100
parte21_cpl=d4*10
parte2_cpl=parte2_cpl+parte21_cpl
parte2_cpl=parte2_cpl+D5
parte1_cpl =D1*10
parte1_cpl =parte1_cpl+D2
cpl_iny=parte1_cpl*1000
cpl_iny=cpl_iny+parte2_cpl
refresh=1
goto principal_2
endif
final1_busqueda:
lcdout dec d_cambiar
lcdout $FE,$10;muevo cursor a la izquierda
if cont_display=1 then d1=d_cambiar
if cont_display=2 then d2=d_cambiar
if cont_display=3 then d3=d_cambiar
if cont_display=4 then d4=d_cambiar
if cont_display=5 then d5=d_cambiar
GOTO principal1_1

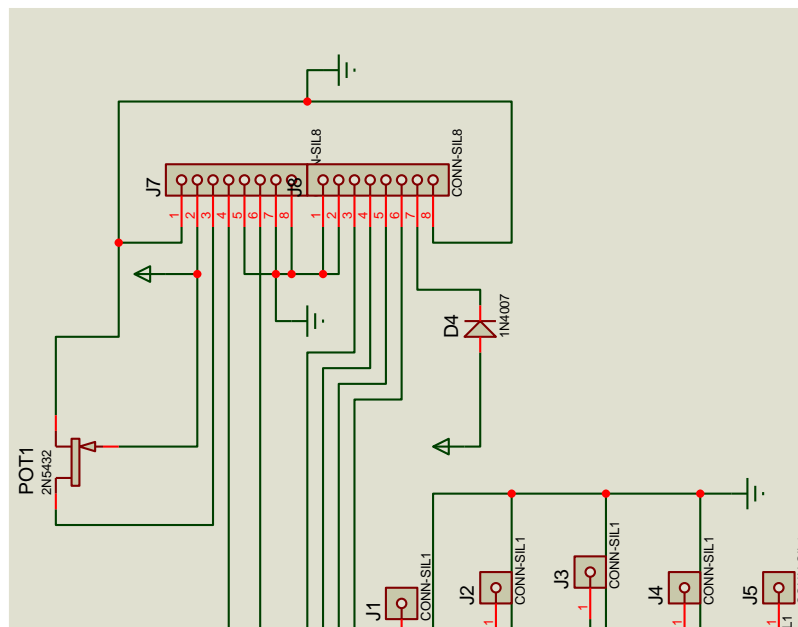
```

```

barrido_tecla: ;;barrido de tecla incluido antirebote
if boton1=1 then tecla=1:return
if boton2=1 then tecla=2:return
if boton3=1 then tecla=3:return
if boton4=1 then tecla=4:return
goto barrido_tecla
antirebote:
if boton1=1 then antirebote
if boton2=1 then antirebote
if boton3=1 then antirebote
if boton4=1 then antirebote
return

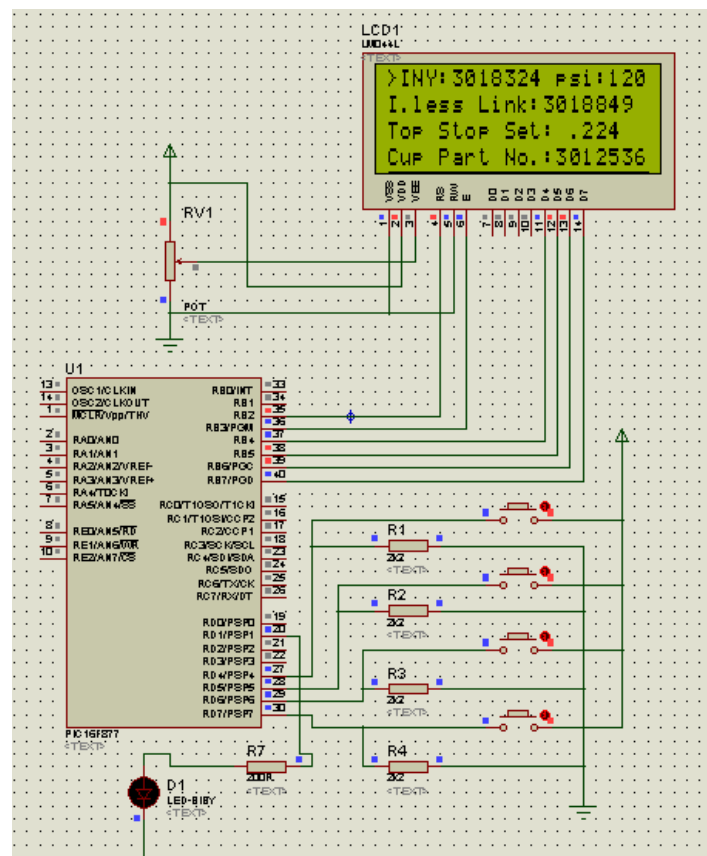
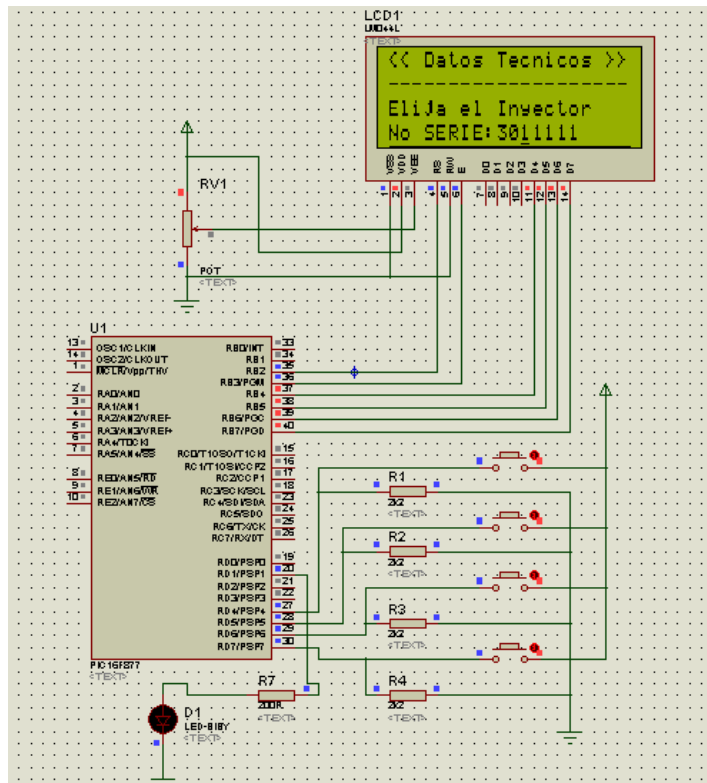
```

### Anexo C. CONEXIONES EN ISIS DE LOS ELEMENTOS ELECTRÓNICOS.

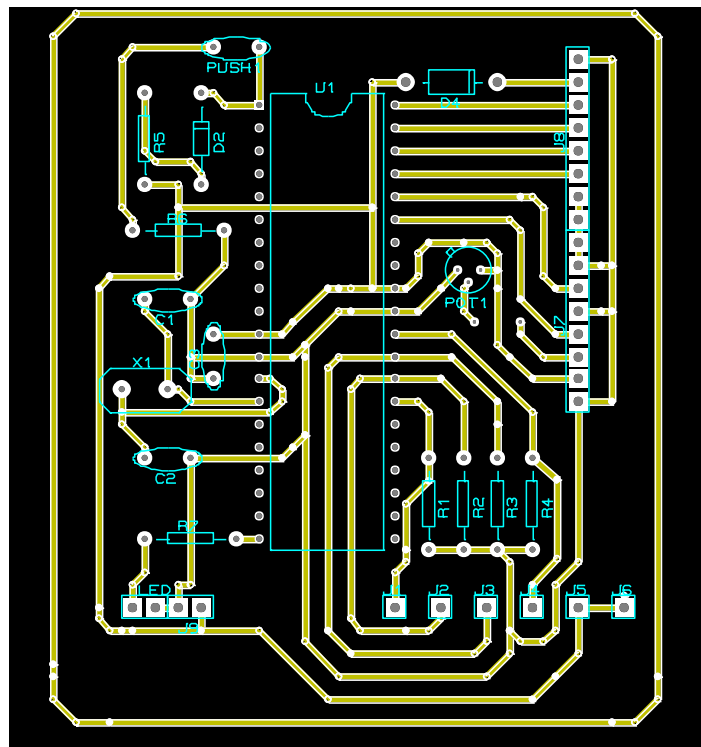
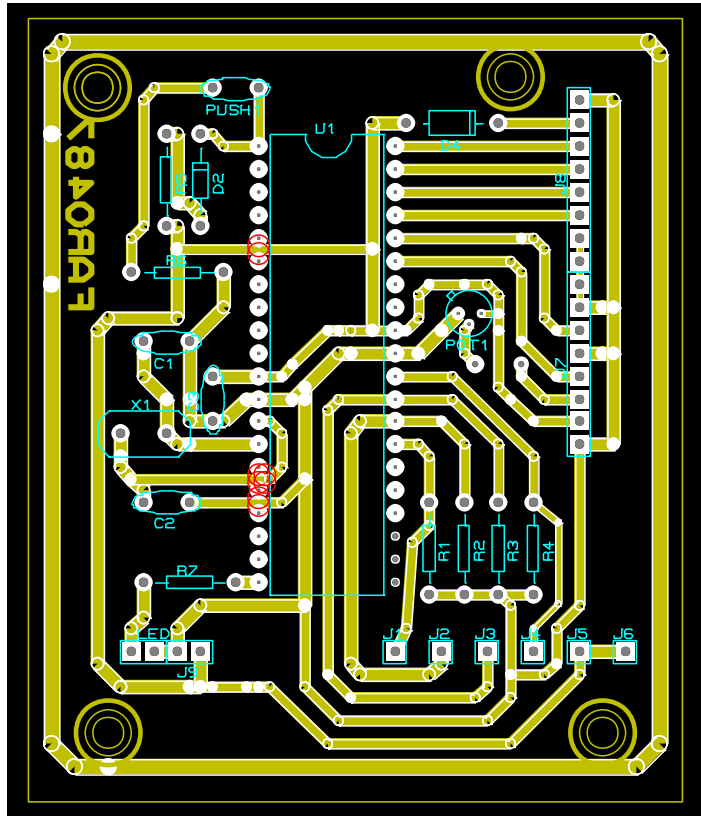




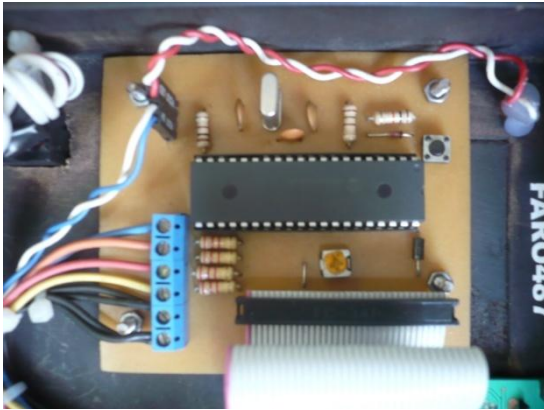
**Anexo D. SIMULACIÓN DEL PROGRAMA EN PROTEUS.**



Anexo E. DISEÑO DE LA PLACA ELECTRÓNICA EN ARES.



Anexo F. CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO ELECTRÓNICO.



**Conexión básica del Microcontrolador 16F877**



**Funcionamiento del módulo electrónico.**

**Anexo G. TABLAS DE CALIBRACIÓN DE INYECTORES TOP STOP E  
HIDRÁULICOS STC.**



Latacunga, 18 de julio del 2008

**LOS AUTORES:**

---

**Edwin Fernando Chicaiza Sánchez**

---

**Héctor Orlando Tutasig Balarezo**

**EL COORDINADOR DE CARRERA:**

---

**Ing. Juan Castro Clavijo**

**UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO:**

---

**Dr. Rodrigo Vaca Corrales**

